

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **10-334605**

(43)Date of publication of application : **18.12.1998**

(51)Int.Cl.

G11B 20/10

G11B 11/10

G11B 20/14

G11B, 20/18

G11B 20/18

G11B 20/18

H03M 7/38

H03M 13/12

(21)Application number : 09-136913

(71)Applicant : **SONY CORP**

(22)Date of filing : 27.05.1997

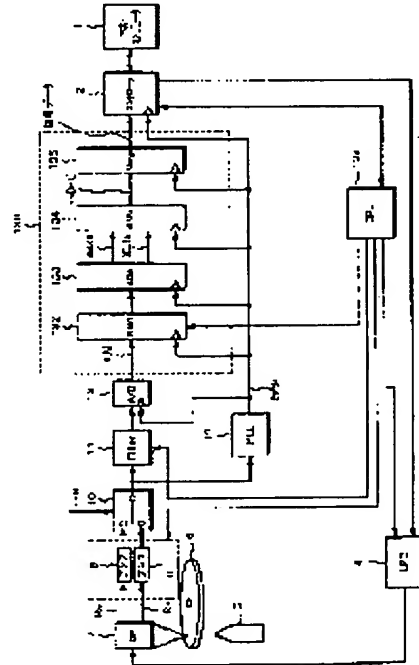
(72)Inventor : Horigome Junichi
Yamaguchi Shigeo
Chiba Takayoshi

(54) DEVICE AND METHOD FOR REPRODUCING INFORMATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize, for example, two kinds of PRML(partial-response maximum likelyhood) by using a single Viterbi decoder, and to use these methods by selectively switching the method.

SOLUTION: The device is constituted so that the specified operating conditions of constituent element, which are different for the kinds of a PRML methods, are switched by, for example, a CPU 103. In details, for example, in the device having a Viterbi decoder 130 for performing the Viterbi decoding method under four values and four states, the phase is switched when the partial response characteristic of a filter 11, the amplitude basic value which is made to be the reference value in a branch-metric computing circuit(BMC) 132, and a PLL 14 which forms the lead lock for obtaining the sampling value from the reproduced signal, are locked. Thus, the Viterbi decoding method under three values and four states is performed. The amplitude basic value can be set for the BMC 132 by an adaptive means.



(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成10年(1998)12月18日

3 2 1 Z
5 8 6 G
3 4 1 B
5 2 0 E
5 3 4 A

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体から再生される再生信号をビタビ復号方法によって復号するようにした情報再生装置において、

装置の構成要素の動作制御を行うことによって、ビタビ復号器の構成の下で行われることが可能なビタビ復号方法の種類の中の 1 つを選択するビタビ復号方法選択手段を有することを特徴とする情報再生装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、

上記ビタビ復号方法選択手段は、再生信号に波形等化処理を施すフィルタリング手段の動作を制御するものであることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 3】 請求項 1 において、

上記ビタビ復号方法選択手段は、再生信号からサンプリングを行う際にサンプリングクロックとして用いられるクロックを生成する PLL がロックする際の位相を制御するものであることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 4】 請求項 1 において、

上記ビタビ復号方法選択手段は、再生信号に基づいてブランチメトリックの値を計算する際に参照値として用いられる振幅基準値を制御するものであることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 5】 請求項 4 において、

上記ビタビ復号方法選択手段は、上記振幅基準値を、上記再生信号値と、ビタビ復号方法の動作結果とに基づいて、クロック毎に更新するようにした振幅基準値適応化手段と、上記振幅基準値適応化手段によって、所定の判定基準を満たさない振幅基準値が発生した時に、上記振幅基準値適応化手段に対して、振幅基準値の初期値を設定する振幅基準値初期化手段とを有するものであることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 6】 請求項 2 において、

上記フィルタリング手段は、デジタルフィルタであることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 7】 請求項 1 において、

上記ビタビ復号方法選択手段によって、4 値 4 状態ビタビ復号方法と、3 値 4 状態ビタビ復号方法の内の一方を選択的に行うようにしたことを特徴とする情報再生装置。

【請求項 8】 請求項 1 において、

上記ビタビ復号方法選択手段によって、4 値 4 状態ビタビ復号方法と、6 値 4 状態ビタビ復号方法の内の一方を選択的に行うようにしたことを特徴とする情報再生装置。

【請求項 9】 請求項 7 において、

再生信号に波形等化処理を施すフィルタリング手段のパ

ーシャルレスポンス特性を、4 値 4 状態ビタビ復号方法を行う場合に PR (1, 2, 1) とし、3 値 4 状態ビタビ復号方法を行う場合に PR (1, 1) とするものであることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 10】 請求項 7 において、

再生信号からサンプリングを行う際にサンプリングクロックとして用いられるクロックを生成する PLL がロックする際の位相を 180 度ずらす制御を行うことを特徴とする情報再生装置。

10 【請求項 11】 請求項 7 において、

上記ビタビ復号方法選択手段は、再生信号に基づいてブランチメトリックの値を計算する際に参照値として用いられる振幅基準値を、4 値 4 状態ビタビ復号方法を行う場合に 0、1、3、4 とし、3 値 4 状態ビタビ復号方法を行う場合に 0、1、2 となるように切替えることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 12】 請求項 1 において、

上記ビタビ復号方法選択手段は、装置の動作条件を総合的に制御する装置制御手段であることを特徴とする情報再生装置。

20

【請求項 13】 記録媒体から再生される再生信号をビタビ復号方法によって復号するようにした情報再生方法において、

装置の構成要素の動作制御を行うことによって、ビタビ復号器の構成の下で行われることが可能なビタビ復号方法の種類の中の 1 つを選択するステップを有することを特徴とする情報再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

30 【発明の属する技術分野】この発明は、例えば光磁気ディスク装置等の情報再生装置、特に PRML (Partial Response Maximum Likelihood) 方法を用いる情報再生装置および再生方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光磁気ディスク装置等の情報再生装置において、記録密度の向上に伴って、記録媒体から再生される再生信号を復号する方法として、PRML 方法が多用されてきている。PRML 方法は、パーシャルレスポンス応答と、ビタビ復号方法とを組み合わせた復号方法である。

40

【0003】ビタビ復号方法の概要は、以下のようなものである。記録媒体に対する記録方法に応じて複数の状態を予め特定し、記録媒体から再生される再生信号のパーシャルレスポンス応答に基づく計算処理によって、かかる複数の状態間の最尤な遷移を選択する。このような選択は、ビタビ復号方法を行うビタビ復号器中の ACS (加算、比較、選択回路) によってなされる。ACS は、状態数に等しい個数の状態遷移を最尤推定する。最尤推定された状態遷移に対応して、復号データが生成される。

50

【0004】再生信号のパーシャルレスポンス応答を得るために、波形等化処理が行われる。波形等化処理は、記録線密度によって決まる空間周波数等を考慮して決められる、所定のパーシャルレスポンス特性の下でなされる。

【0005】上述したように予め特定される複数の状態の個数、および計算処理において参照値として用いられる振幅基準値の設定等により、ビタビ復号方法は、幾つかの種類に分けられる。そして、記録線密度等に従って決められるパーシャルレスポンス特性に対して、できるだけ良く適合する種類のビタビ復号方法を用いるようになされる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光磁気ディスク等の情報再生装置においては、下位互換性が重要視される。すなわち、最近開発された高記録密度の情報記録媒体を再生する再生装置（例えば第4世代の光磁気ディスク装置）についても、以前から用いられている比較的低い記録密度の情報記録媒体（例えば第3世代の光磁気ディスク）を再生できることが要求される。

【0007】高記録密度の情報記録媒体を再生する再生装置においては、かかる高記録密度に適合するように、PRML方法、すなわち、パーシャルレスポンス特性と、ビタビ復号方法の種類の組み合わせが選択されている。このように選択されたPRML方法は、比較的低い記録密度の情報記録媒体を再生する際には、適当なものでない可能性が高い。

【0008】また、ゾーンCAV方式の光磁気ディスク等の記録媒体においては、ゾーンによって記録線密度が異なるので、最適なPRML方法がゾーンによって異なる場合もある。

【0009】これらの場合に、それぞれの記録媒体またはゾーンについて最適なPRML方法を実現するために、各PRML方法に対応して、ビタビ復号器を例えば2個備える構成を用いると、回路規模が増大し、消費電力も増える等の問題が生じる。

【0010】また、単一のビタビ復号器を用い、何れか1個のPRML方法のみを実現する構成とすれば、かかるPRML方法に適合しない記録密度のデータについては、無理な等化が行われることになり、群遅延の増大につながるため、復号精度が低下する。

【0011】このため、ゾーンCAV方式の記録媒体を再生する際に、再生エラーレートがゾーン毎にばらつく可能性がある。また、下位互換性が不十分なものとなるおそれがある。

【0012】従って、この発明の目的は、単一のビタビ復号器を有する情報再生装置において、例えば2種類のPRML方法を実現し、それらを選択的に切替えて用いることができる情報再生装置および再生方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、記録媒体から再生される再生信号をビタビ復号方法によって復号するようにした情報再生装置において、装置の構成要素の動作制御を行うことによって、ビタビ復号器の構成の下で行われることが可能なビタビ復号方法の種類の内の1つを選択するビタビ復号方法選択手段を有することを特徴とする情報再生装置である。

10 【0014】請求項13の発明は、記録媒体から再生される再生信号をビタビ復号方法によって復号するようにした情報再生方法において、装置の構成要素の動作制御を行うことによって、ビタビ復号器の構成の下で行われることが可能なビタビ復号方法の種類の内の1つを選択するステップを有することを特徴とする情報再生方法である。

20 【0015】以上のような発明によれば、ビタビ復号器の構成によって決まる、実現され得るビタビ復号方法の内の何れか1つを、装置の構成要素の動作条件を制御することによって、選択的に行うことができる。

【0016】従って、記録線密度が異なるデータを再生する際に、各データについて最適な、若しくは、より良く適合するPRML方法を用いることが可能となる。

【0017】

30 【発明の実施の形態】以下に、この発明の理解を容易とするために、ビタビ復号方法を行う再生系を有する記録／再生装置の一例について、装置の全体構成、記録媒体のセクタフォーマット、4値4状態ビタビ復号方法の概要、4値4状態ビタビ復号方法を実現するビタビ復号器の構成および動作、および4値4状態ビタビ復号方法以外のビタビ復号方法の順に説明する。

40 【0018】〔ディスク記録再生装置の概要〕以下、ビタビ復号方法を行う再生系を有する記録／再生装置の一例について説明する。図1は、ビタビ復号方法を行う再生系を有する光磁気ディスク装置の一例の全体構成を示すブロック図である。記録時には、コントローラ2がホストコンピュータ1の指令に従って、記録すべきユーザデータを受取り、情報語としてのユーザデータに基づいてエンコードを行って、符号語としてのRL（1，7）符号を生成する。この符号語が記録データとしてレーザパワーコントロール部（以下、LPCと表記する）4に供給される。コントローラ2は、このような処理の他に、後述する復号化処理、および記録、再生、消去等の各モードの制御、並びにホストコンピュータ1との通信等の動作を行う。

50 【0019】LPC4は、供給された記録データに対応して、光ピックアップ7のレーザパワーを制御して光磁気ディスク6上に磁気極性を有するビット列を形成することにより、記録を行う。この記録の際に、磁気ヘッド5が光磁気ディスク6にバイアス磁界を付与する。実際には、記録データに基づいて後述するように生成される

プリコード出力に従って、後述するようなマークエッジ記録が行われる。

【0020】後述するように、記録位置すなわちピットの形成位置の制御は、磁気ヘッド5および光ピックアップ7等の位置決めを行う、図示しない手段によってなされる。このため、記録動作時においても、光ピックアップ7がアドレス部等を通過する際には、後述するような再生時の動作と同様な動作が行われる。

【0021】上述したようにして形成される各ピットを、記録データに基づいて後述するようにして生成されるプリコード出力中の各ピットに対応させる方法について、図2を参照して説明する。プリコード出力中の、例えば'1'に対してピットを形成し、'0'に対してピットを形成しない記録方法をマーク位置記録方法と称する。一方、各ピットのエッジによって表現される、プリコード出力中の各ピットの境界における極性の反転を、例えば'1'に対応させる記録方法をマークエッジ記録方法と称する。再生時には、再生信号中の各ピットの境界は、後述するようにして生成されるリードクロックDCKに従って認識される。

【0022】次に、再生系の構成および動作について説明する。光ピックアップ7は、光磁気ディスク6にレーザ光を照射し、それによって生じる反射光を受光して、再生信号を生成する。再生信号は、和信号R⁺、差信号R⁻ および図示しないフォーカスエラー信号ならびにトラッキングエラー信号の4種類の信号からなる。和信号R⁺ は、アンプ8によってゲイン調整等がなされた後に切替えスイッチ10に供給される。また、差信号R⁻ は、アンプ9によってゲイン調整等がなされた後に切替えスイッチ10に供給される。さらに、フォーカスエラー信号は、フォーカスエラーを解消する手段（図示せず）に供給される。一方、トラッキングエラー信号は、図示しないサーボ系等に供給され、それらの動作において用いられる。

【0023】切替えスイッチ10には、後述するような切替え信号Sが供給される。切替えスイッチ10は、この切替え信号Sに従って、以下のように、和信号R⁺ または差信号R⁻ をフィルタ部11に供給する。すなわち、後述するような光磁気ディスク6のセクタフォーマットにおいて、エンボス加工によって形成される部分から再生される再生信号が切替えスイッチ10に供給される期間には、和信号R⁺ をフィルタ部11に供給する。また、光磁気的に記録される部分から再生される再生信号が切替えスイッチ10に供給される期間には、差信号R⁻ をフィルタ部11に供給する。

【0024】切替え信号Sは、例えば次のようにして生成される。すなわち、まず、再生信号から、セクタフォーマットに規定される所定のパターンから再生される信号を検出する。このような所定のパターンとしては、例えば後述するセクタマークSM等が用いられる。そし

て、かかる検出がなされた時点を基準として、後述するリードクロックを数える等の方法によって認識される所定時点において、切替え信号Sが生成される。

【0025】フィルタ部11は、ノイズカットを行うローパスフィルタおよび波形等化を行う波形等化器から構成される。後述するように、この際の波形等化处理において用いられる波形等化特性は、ビタビ復号器13が行うビタビ復号方法に適合するものとされる。フィルタ部11の出力を供給されるA/D変換器12は、後述するようにして供給されるリードクロックDCKに従って再生信号値z[k]をサンプリングする。

【0026】ビタビ復号器13は、再生信号値z[k]に基づいて、ビタビ復号方法によって復号データを生成する。かかる復号データは、上述したようにして記録される記録データに対する最尤復号系列である。従って、復号エラーが無い場合には、復号データは、記録データと一致する。

【0027】復号データは、コントローラ2に供給される。上述したように、記録データは、ユーザデータからチャンネル符号化等の符号化によって生成された符号語である。従って、復号エラーレートが充分低ければ、復号データは、符号語としての記録データとみなすことができる。コントローラ2は、復号データに、上述のチャンネル符号化等の符号化に対応する復号化处理を施すことにより、ユーザデータ等を再生する。

【0028】また、フィルタ部11の出力は、PLL部14にも供給される。PLL部14は、供給された信号に基づいて、リードクロックDCKを生成する。リードクロックDCKは、コントローラ2、A/D変換器12、ビタビ復号器13等に供給される。コントローラ2、A/D変換器12、ビタビ復号器13の動作は、リードクロックDCKに従うタイミングでなされる。さらに、リードクロックDCKは、図示しないタイミングジェネレータに供給される。タイミングジェネレータは、例えば、記録/再生動作の切替え等の装置の動作タイミングを制御する信号を生成する。

【0029】上述したような再生動作において、光磁気ディスク6から再生される再生信号に基いて、より正しい再生データを得るために、再生系の各構成要素の動作を再生信号の品質に応じて適正化することが行われる。このような操作をキャリブレーションと称する。キャリブレーションは、再生信号の品質等が例えば加工精度等の記録媒体の特性、および例えば記録用レーザ光のパワーの変動、周囲温度等の記録/再生時の条件等によって変化する可能性があることに対応するために再生系のパラメータを適正化するためのものである。

【0030】キャリブレーションの内容は、例えば光ピックアップ7の読取り用レーザ光パワーの調整、アンプ8および9のゲインの調整、フィルタ部11の波形等化特性の調整、およびビタビ復号器13の動作において用

いられる振幅基準値の調整等である。このようなキャリブレーションは、電源投入直後または記録媒体の交換時等に、図 1 中には図示しない構成によって行われる。

【0031】〔記録媒体のセクタフォーマットの概要〕
光磁気ディスク 6 には、セクタを記録／再生の単位としてユーザデータが記録される。図 3 を参照して、光磁気ディスク 6 において用いられるセクタフォーマットの一例について説明する。図 3 A に示すように、1 セクタは、記録／再生の順に従って、ヘッダ、ALPC、ギャップ、VFO₃、シンク、データフィールド、バッファの各エリアに区分されている。図 3 中に付した数字は、バイト数を表す。光磁気ディスク 6 上には、ブロック符号化等の符号化がなされたデータが記録される。例えば 8 ビットが 12 チャンネルビットに変換されて記録される。

【0032】このセクタフォーマットの一例においては、ユーザデータ量が 1024 バイトのフォーマットと、ユーザデータ量が 512 バイトのフォーマットとが用意されている。ユーザデータ量が 1024 バイトのフォーマットでは、データフィールドのバイト数が 670 バイトとされる。また、ユーザデータ量が 512 バイトのフォーマットでは、データフィールドのバイト数が 1278 バイトとされる。これら 2 つのセクタフォーマットにおいて、63 バイトのプリフォーマットされたヘッダと、ALPC、ギャップエリアの 18 バイトは、同一とされている。

【0033】図 3 B は、63 バイトのヘッダを拡大して示す。ヘッダは、セクタマーク SM (8 バイト)、VFO フィールドの VFO₁ (26 バイト)、アドレスマーク AM (1 バイト)、ID フィールドの ID₁ (5 バイト)、VFO フィールドの VFO₂ (16 バイト)、アドレスマーク AM (1 バイト)、ID フィールドの ID₂ (5 バイト)、およびポストアンブル PA (1 バイト) が順に配列された構成とされている。

【0034】図 3 C は、18 バイトの ALPC、ギャップエリアを拡大して示す。18 バイトは、ギャップフィールド (5 バイト)、フラグフィールド (5 バイト)、ギャップフィールド (2 バイト)、ALPC (6 バイト) からなる。

【0035】次に、これらのフィールドについて説明する。セクタマーク SM は、セクタの開始を識別するためのマークであり、RL (1, 7) 符号において生じないエンボス加工によって形成されたパターンを有する。VFO フィールドは、上述の PLL 部 18 中の VFO (Variable Frequency Oscillator) を同期させるためのもので、VFO₁、VFO₂ および VFO₃ からなる。VFO₁ および VFO₂ は、エンボス加工によって形成されている。また、VFO₃ は、そのセクタに対して記録動作が行われる際に光磁気的に書かれる。VFO₁、VFO₂ および VFO₃ は、それぞれチャンネルビット

の '0' と '1' が交互に現れるパターン (2T パターン) を有する。従って、1 チャンネルビットの時間長に対応する時間を T とすると、VFO フィールドを再生した時に、2T 毎にレベルが反転する再生信号が得られる。

【0036】アドレスマーク AM は、後続の ID フィールドのためのバイト同期を装置に対して与えるために使用され、RL (1, 7) 符号において生じないエンボスされたパターンを有する。ID フィールドは、セクタのアドレス、すなわち、トラック番号およびセクタ番号の情報と、これらの情報に対するエラー検出用の CRC バイトを有する。ID フィールドは、5 バイトからなる。ID₁ および ID₂ によって、同一のアドレス情報が二重に記録される。ポストアンブル PA は、チャンネルビットの '0' と '1' とが交互に現れるパターン (2T パターン) を有する。ID₁、ID₂ およびポストアンブル PA も、エンボス加工によって形成されている。このように、ヘッダの領域は、エンボス加工によりビットが形成されたプリフォーマットされた領域である。

【0037】図 3 C は、ALPC、ギャップエリアを拡大して示す。ギャップには、ビットが形成されない。最初のギャップフィールド (5 バイト) は、プリフォーマットされたヘッダの後の最初のフィールドであり、これによって、ヘッダの読取りを完了した後の処理に装置が要する時間が確保される。2 番目のギャップフィールド (2 バイト) は、後の VFO₃ の位置のずれを許容するためのものである。

【0038】ALPC、ギャップエリアには、5 バイトのフラグフィールドが記録される。フラグフィールドは、セクタのデータが記録される時に、連続した 2T パターンが記録される。ALPC (Auto Laser Power Control) フィールドは、記録時のレーザパワーをテストするために設けられている。シンクフィールド (4 バイト) は、続くデータフィールドのためのバイト同期を装置が得るために設けられており、所定のビットパターンを有する。

【0039】データフィールドは、ユーザデータを記録するために設けられる。上述した 670 バイトのデータフィールドには、512 バイトのユーザデータと、144 バイトのエラー検出、訂正用のパリティ等と、12 バイトのセクタ書込みフラグと、2 バイト (FF) とからなる。また、1278 バイトのデータフィールドの場合には、1024 バイトのユーザデータと、242 バイトのエラー検出、訂正用のパリティ等と、12 バイトのセクタ書込みフラグとからなる。セクタの最後のバッファフィールドは、電氣的、あるいは機械的な誤差に対する許容範囲として使用される。

【0040】上述したセクタフォーマットの例において、ヘッダは、エンボス加工によりビットが形成されたエリアである。また、ALPC、ギャップエリアは、再生時には、使用されないエリアである。さらに、VFO

3、シンクフィールドおよびデータフィールドは、光磁気記録されたデータのエリアである。

【0041】〔4値4状態ビタビ復号方法の概要〕以下、ビタビ復号器13によって行われるビタビ復号方法について説明する。上述したように、ユーザデータは、様々な符号化方法によって記録データとしての符号語に変換される。符号化方法は、記録媒体の性質および記録／再生方法等に応じて適切なものが採用される。光磁気ディスク装置においては、ブロック符号化において、Run Lengthすなわち'1'と'1'の間の'0'の数を制限するRLL (Run Length Limited) 符号化方法が用いられることが多い。従来から幾つかのRLL符号化方法が用いられている。一般に、'1'と'1'の間の'0'の数を最小でd個、最大でk個とするm/nブロック符号をRLL (d, k; m, n) 符号と称する。

【0042】例えば、2/3ブロック符号において、'1'と'1'の間の'0'の数を最小で1個、最大で7個とするブロック符号化方法は、RLL (1, 7; 2, 3) 符号である。一般にRLL (1, 7; 2, 3) 符号をRLL (1, 7) 符号と称することが多いので、以下の説明においても単にRLL (1, 7) 符号と表記した場合

には、RLL (1, 7; 2, 3) 符号を指すことにする。

【0043】このようなRLL符号化方法と、上述したマークエッジ記録方法との組み合わせによって記録されたデータから再生される再生信号を復号するために、ビタビ復号方法を用いることができる。

【0044】このようなRLL符号化方法は、記録密度の向上、および再生動作の安定性の確保という2つの観点から、符号化方法に要求される条件に対応できるものである。まず、上述したように、マークエッジ記録方法は、記録データに基づいて後述するように生成されるプリコード出力における'1'を各ビットのエッジによって表現される極性の反転に対応させるものなので、'1'と'1'の間の'0'の数を多くする程、各ビット1個当たりに記録されるビット数を大きくすることができる。従って、記録密度を大きくすることができる。

【0045】一方、再生系の動作タイミングを合わせるために必要なリードクロックDCKは、上述したよう

$$b[k] = \text{mod } 2 \{a[k] + b[k-1]\} \quad (1)$$

このようなプリコード出力b[k]が実際に光磁気ディスク媒体等に記録される。一方、フィルタ部11中の波形等化器によってなされる、波形等化特性PR (1, 2, 1)での波形等化処理について説明する。但し、以下の説明においては、信号の振幅を規格化せずに、波形等化特性をPR (B, 2A, B)とする。また、ノイズを考慮しない場合の再生信号の値をc[k]と表記する。さらに、ノイズを含む実際の再生信号(すなわち、記録媒体から再生された再生信号)をz[k]と表記する。

*に、再生信号に基づいてPLL部14によって生成される。このため、記録データにおいて'1'と'1'の間の'0'の数を多くすると、再生動作の際にPLL部の動作が不安定となるので、再生動作全体が不安定なものとなる。

【0046】これら2つの条件を考慮すると、'1'と'1'の間の'0'の数は、多過ぎたり、少な過ぎたりしない、適切な範囲内に設定される必要がある。このような、記録データ中の'0'の数の設定に関して、RLL符号化方法が有効となる。

【0047】ところで、図4に示すように、上述したRLL (1, 7) 符号化方法とマークエッジ記録方法の組み合わせにおいては、記録データに基づいて生成されるプリコード出力中の'1'と'1'の間に最低1個の'0'が含まれるので、最小反転幅が2となる。このような、最小反転幅が2となる符号化方法が用いられる場合に、符号間干渉およびノイズ等の影響を受けている再生信号から記録データを復号する方法として、後述するように、4値4状態ビタビ復号方法を適用することができる。

【0048】上述したように、再生信号には、フィルタ部11によって波形等化処理がなされる。ビタビ復号方法の前段としてなされるこのような波形等化処理には、符号間干渉を積極的に利用するパーシャルレスポンス方法が用いられる。この際に用いられる波形等化特性は、一般に $(1+D)^n$ で表されるパーシャルレスポンス特性の内から、記録／再生系の線記録密度およびMTF (Modulation Transfer Function) を考慮して決められる。上述したRLL (1, 7) 符号化方法とマークエッジ記録方法の組み合わせによって記録されたデータに対して、PR (1, 2, 1)を用いる波形等化処理は、4値4状態ビタビ復号方法の前段となる。

【0049】一方、マークエッジ記録方法においては、光磁気ディスク媒体等に対する実際の記録に先立って、上述のRLL符号化等によって符号化された記録データに基づくプリコードが行われる。各時点kにおける記録データ列をa[k]、これに基づくプリコード出力をb[k]とすると、プリコードは、以下のように行われる。

【0050】

$$b[k] = \text{mod } 2 \{a[k] + b[k-1]\} \quad (1)$$

【0051】PR (B, 2A, B)は、ある時点kにおける再生信号の値に対して、時点kにおける振幅の寄与が振幅値の2A倍とされ、さらに前後の時点k-1およびk+1における振幅の寄与が各々の時点での信号の振幅のB倍とされるものである。従って、再生信号の値の最大値は、時点k-1、k、k+1において何れもパルスが検出される場合である。このような場合には、再生信号の値の最大値は、以下のようになる。

$$B + 2A + B = 2A + 2B$$

また、再生信号の値の最小値は0となる。但し、実際の

取り扱いにおいては、 $c[k]$ として、DC成分の $A+B$ を差し引いた以下のようなものが用いられる。

$$c[k] = B \times b[k-2] + 2A \times b[k-1] + B \times b[k] - A - B \quad (2)$$

従って、ノイズを考慮しない場合の再生信号 $c[k]$ は、 $A+B$ 、 A 、 $-A$ 、 $-A-B$ の内の何れかの値をとることになる。一般に、再生信号の性質を示す方法の1つとして、例えば5個の時点単位として、再生信号を多数重ね合わせたものをアイパターンと称する。この発明を適用することができる光磁気ディスク装置において、PR(B, 2A, B)の下で波形等化处理された実際の再生信号 $z[k]$ についてのアイパターンの一例を図5に示す。図5から各時点における再生信号 $z[k]$ の値は、ノイズによるばらつきを有するが、ほぼ、 $A+B$ 、 A 、 $-A$ 、 $-A-B$ の内の何れかになることが確認できる。後述するように、 $A+B$ 、 A 、 $-A$ 、 $-A-B$ の値は、識別点として用いられる。

【0054】上述したような波形等化处理がなされた再生信号を復号する、ビタビ復号方法の概略は、次のようなものである。ステップ①符号化方法および記録媒体に対する記録方法に基づいて、生じ得る全ての状態を特定する。ステップ②ある時点における各状態を起点として、次の時点において生じ得る全ての状態遷移と、各状態遷移が生じる時の記録データ $a[k]$ および再生信号の値 $c[k]$ を特定する。

【0055】ステップ①および②の結果として特定された全ての状態および状態遷移と、各状態遷移が生じる時の〔記録データの値 $a[k]$ ／再生信号の値 $c[k]$ 〕を図の形式で表現したものを状態遷移図と称する。後述するように、4値4状態ビタビ復号方法における状態遷移図は、図7に示すようなものである。そして、この状態遷移図に基づく復号動作を行うように、ビタビ復号器13が構成される。

【0056】さらに、ステップ③上述したように、状態遷移図を前提として、記録媒体から各時点 k において再生される再生信号 $z[k]$ に基づく最尤な状態遷移が選択される。但し、上述したように、 $z[k]$ は、ビタビ※

$$a[k] = 1, a[k-1] = 1, a[k-2] = 1 \quad (3)$$

$$a[k] = 1, a[k-1] = 1, a[k-2] = 0 \quad (4)$$

$$a[k] = 0, a[k-1] = 1, a[k-2] = 1 \quad (5)$$

記録データ列に課されるこのような条件に基づいて、上述の(1)式に従って $b[k]$ について課される条件について検討すると、S010およびS101の2個の状態は生じ得ないことがわかる。従って、生じ得る状態は、 $2^3 - 2 = 6$ 個である。

【0062】次に、ステップ②について説明する。ある時点 j における状態を起点として、次の時点 $j+1$ において生じ得る状態を求めるためには、時点 $j+1$ におけ★

$$a[j] = 0, a[j-1] = 0, a[j-2] = 0 \quad (7)$$

〔 $a[j+1] = '1'$ の時〕

*【0053】

※復号器13に供給される前段において波形等化されたものである。このような最尤な状態遷移の選択がなされる毎に、選択された状態遷移に対応して、状態遷移図に記載された記録データ $a[k]$ の値を復号値とすることによって、記録データに対する最尤復号値系列としての復号データ $a'[k]$ を得ることができる。

【0057】但し、各時点 k における復号データ値から、最尤復号値系列とするための構成は、後述するビタビ復号器13中のPMU23である。従って、上述したように、復号データ列 $a'[k]$ は、復号エラーが無い場合には、記録データ列 $a[k]$ と一致する。上述のステップ①～ステップ③について、以下に詳細に説明する。

【0058】上述のステップ①について説明する。まず、ここで用いられる状態として、ある時点 k における状態を、時点 k およびそれ以前のプリコード出力を用いて次のように定義する。すなわち、 $n = b[k]$ 、 $m = b[k-1]$ 、 $l = b[k-2]$ の時の状態を S_{nml} と定義する。このような定義によって、 $2^3 = 8$ 個の状態があると考えられるが、上述したように、実際に生じ得る状態は、符号化方法等に基づいて制限される。

【0059】RL(1, 7)符号として符号化された記録データ列 $a[k]$ においては、'1'と'1'の間に最低1個の'0'が含まれるので、2個以上の'1'が連続することが無い。記録データ列 $a[k]$ に課されるこのような条件に基づいてプリコード出力 $b[k]$ について一定の条件が課され、その結果として生じ得る状態に制限が加えられる。

【0060】このような制限について具体的に説明する。上述したようにRL(1, 7)符号化によって生成される記録データ列中に、2個以上の'1'が連続するもの、すなわち以下のものはあり得ない。

【0061】

★記録データの値 $a[j+1]$ が1となる場合、および0となる場合に分けて調べる必要がある。

【0063】ここでは、時点 j における状態がS000である場合を例として説明する。上述の(1)式に従って、S000すなわち $n = b[j] = 0$ 、 $l = b[j-1] = 0$ 、 $m = b[j-2] = 0$ とプリコードされる記録データは、以下の(7)である。

【0064】

50 この時、 $b[j+1]$ が(1)式に従って以下のように

計算される。

【0065】

$$\begin{aligned} b[j+1] &= \text{mod } 2 \{ a[j+1] + b[j] \} \\ &= \text{mod } 2 \{ 1 + 0 \} \\ &= 1 \quad (8) \end{aligned}$$

次の時点 $j+1$ での状態 S_{nlm} については、 $n=b[j+1]$ 、 $l=b[j]$ 、 $m=b[j-1]$ である。そして、(8) から $b[j+1]=1$ であり、また、 b *

$$\begin{aligned} c[j+1] &= \{ B \times b[j+1] + 2A \times b[j] + B \times b[j-1] \} \\ &\quad - A - B \\ &= \{ B \times 1 + 2A \times 0 + B \times 0 \} - A - B \\ &= -A \quad (9) \end{aligned}$$

以上のことから、時点 j で状態 S_{000} である場合において、新たな再生信号値 $c[j+1]$ の値が誤差の範囲内で $-A$ である時には、状態遷移 $S_{000} \rightarrow S_{100}$ が生じ、復号データ値として、 $a[j+1]$ の値 '1' が得られることがわかる。

【0068】 $[a[j+1] = '0'$ の時]

この時、(1) 式に従って、 $b[j+1]$ が以下のように計算される。

【0069】

$$\begin{aligned} b[j+1] &= \text{mod } 2 \{ a[j+1] + b[j] \} \\ &= \text{mod } 2 \{ 0 + 0 \} \\ &= 0 \quad (10) \end{aligned}$$

次の時点 $j+1$ での状態 S_{nlm} については、 $n=b[j]$ *

$$\begin{aligned} c[j+1] &= \{ B \times b[j+1] + 2A \times b[j] + B \times b[j-1] \} \\ &\quad - A - B \\ &= \{ B \times 0 + 2A \times 0 + B \times 0 \} - A - B \\ &= -A - B \quad (11) \end{aligned}$$

以上のことから、時点 j で状態 S_{000} である場合において、新たな再生信号値 $c[j+1]$ の値が誤差の範囲内で $-A-B$ である時には、状態遷移 $S_{000} \rightarrow S_{000}$ が生じ、復号データ値として、 $a[j+1]$ の値 '0' が得られることがわかる。

【0072】このようにして、時点 j における S_{000} 以外の各状態についても、それらを起点として次の時点 $j+1$ において生じ得る状態遷移と、そのような各状態遷移が生じる時の記録データ値 $a[j+1]$ および再生信号値 $c[j+1]$ との対応を求めることができる。

【0073】上述したようにして、各状態について、それらを起点として生じ得る状態遷移と、各状態遷移が生じる時の記録データの値および再生信号の値との対応を求め、図の形式に表したものが図6である。上述の時点 j および $j+1$ は、特別の時点ではない。従って、上述したようにして求まる、生じ得る状態遷移とそれらに伴う記録データの値および再生信号の値との対応は、任意の時点において適用することができる。このため、図6においては、任意の時点 k において生じる状態遷移に伴う記録データの値を $a[k]$ と表記し、再生信号の値を $c[k]$ と表記する。

* $[j] = 0$ 、 $b[j-1] = 0$ なので、次の時点 $j+1$ における状態は、 S_{100} である。従って、 $a[j+1] = '1'$ の場合には、 $S_{000} \rightarrow S_{100}$ という遷移が生じることが特定できる。

【0066】また、再生信号 $c[j+1]$ の値は、上述の(2)式に従って、次のように計算される。

【0067】

$\ast + 1]$ 、 $l=b[j]$ 、 $m=b[j-1]$ である。そして、(10) から $b[j+1]=0$ であり、また、 $b[j]=0$ 、 $b[j-1]=0$ なので、次の時点 $j+1$ における状態は、 S_{000} である。従って、 $a[j+1] = '0'$ の場合には、 $S_{000} \rightarrow S_{100}$ という遷移が生じることが特定できる。

20 【0070】また、再生信号 $c[j+1]$ の値は、上述の(2)式に従って、次のように計算される。

【0071】

30 【0074】図6において、状態遷移は、矢印によって表される。また、各矢印に付した符号が〔記録データ値 $a[k]$ / 再生信号値 $c[k]$ 〕を示している。状態 S_{000} 、 S_{001} 、 S_{111} および S_{110} を起点とする状態遷移は、2通り有るのに対して、状態 S_{011} および S_{100} を起点として生じ得る遷移は1通りのみである。

【0075】さらに、図6において S_{000} と S_{001} は、何れも $a[k] = 1$ に対しては、 $c[k] = -A$ という値を取り、 S_{100} に遷移している。一方、 $a[k] = 0$ に対しては、 $c[k] = -A - B$ という値を取り、 S_{000} に遷移している。また、 S_{111} と S_{110} も同様に、同じ $a[k+1]$ の値について同じ $c[k+1]$ の値を取り、且つ、同じ状態に遷移している。従って、 S_{000} と S_{001} をまとめて S_0 と表現し、 S_{111} と S_{110} をまとめて S_2 と表現することができる。さらに、 S_{011} を S_3 とし、 S_{100} を S_1 と表現することにして、整理したものが図7である。

50 【0076】上述したように、図7が4値4状態ビタビ復号方法に用いられる状態遷移図である。図7中には、 $S_0 \sim S_3$ の4個の状態、および再生信号 $c[k+1]$

の値としての $-A-B$, $-A$, A , $A+B$ の4個の値が示されている。状態 S_0 および S_2 を起点とする状態遷移は、2通り有るのに対して、状態 S_1 および S_3 を起点とする状態遷移は、1通りのみである。

【0077】一方、状態遷移を時間に沿って表現する形式として、図8に示すようなトレリス線図が用いられる。図8では、2個の時点間の遷移を示しているが、さらに多数の時点間の遷移を示すこともできる。時間経過に伴い、順次右の時点に遷移していく様子が表現される。従って、水平な矢印は、例えば $S_0 \rightarrow S_0$ 等の同じ状態への遷移を表し、斜めの矢印は、例えば $S_1 \rightarrow S_2$ 等の異なる状態への遷移を表すことになる。

【0078】上述したビタビ復号方法のステップ③、すなわち図7に示した状態遷移図を前提として、ノイズを含む実際の再生信号 $z[k]$ から最尤な状態遷移を選択する方法について以下に説明する。

【0079】最尤な状態遷移を選択するためには、まず、ある時点 k における状態について、その状態に至る過程において経過してきた複数時点間の状態遷移の尤度の和を計算し、さらに、計算された尤度の和を比較して、最尤の復号系列を選択することが必要である。このような尤度の和をパスメトリックと称する。

【0080】パスメトリックを計算するためには、まず、隣接する時点間の状態遷移の尤度を計算することが必要となる。このような尤度の計算は、上述の状態遷移図を参照して、再生信号 $z[k]$ の値に基づいて以下の*

$$L(S_a, k)$$

$$= L(S_p, k-1) + (z[k] - c(S_p, S_a))^2 \quad (13)$$

すなわち、時点 $k-1$ において状態 S_p に至った場合のパスメトリック $L(S_p, k-1)$ と、時点 $k-1$ と時点 k の間で生じる $S_p \rightarrow S_a$ なる状態遷移の尤度 $(z[k] - c(S_p, S_a))^2$ とを加算することによって、パスメトリック $L(S_a, k)$ が計算される。この $(z[k] - c(S_p, S_a))^2$ のような、最新の状態遷移の尤度は、ブランチメトリックと称される。但し、ここでのブランチメトリックは、後述するビタビ復号器13中のブランチメトリック計算回路(BMC)20によって計算されるブランチメトリック、すなわち、規格化メトリックに対応するブランチメトリックとは、別のものであることに注意が必要である。

【0084】また、時点 k において状態 S_a である場合※

$$L(S_a, k)$$

$$= \min \{ L(S_p, k-1) + (z[k] - c(S_p, S_a))^2,$$

$$L(S_q, k-1) + (z[k] - c(S_q, S_a))^2 \} \quad (14)$$

すなわち、時点 $k-1$ において状態 S_p であり、 $S_p \rightarrow S_a$ なる状態遷移によって状態 S_a に至った場合と、時点 $k-1$ において状態 S_q であり、 $S_q \rightarrow S_a$ なる状態遷移によって状態 S_a に至った場合の各々について、尤度の和を計算する。そして、各々の計算値を比較し、より小さい値を時点 k における状態 S_a に関するパスメ

*ようになされる。まず、一般的な説明として、時点 $k-1$ において、状態 S_a である場合について考える。この時、ビタビ復号器31に再生信号 $z[k]$ が入力された場合に、状態 S_b への状態遷移が生じる尤度が次式に従って計算される。但し、状態 S_a および状態 S_b は、図7の状態遷移図に記載されている4個の状態の何れかとする。

【0081】

$$(z[k] - c(S_a, S_b))^2 \quad (12)$$

10 上式において、 $c(S_a, S_b)$ は、状態 S_a から状態 S_b への状態遷移について、図7の状態遷移図に記載されている再生信号の値である。すなわち、上述の図7において、例えば状態遷移 $S_0 \rightarrow S_1$ について、 $-A$ と算出されている値である。従って、式(12)は、ノイズを含む実際の再生信号 $z[k]$ の値と、ノイズを考慮せずに計算された再生信号 $c(S_a, S_b)$ の値の間のユークリッド距離となる。ある時点におけるパスメトリックは、その時点に至るまでのこのような隣接時点間の状態遷移の尤度の総和として定義される。

20 【0082】ところで、時点 k において状態 S_a である場合を考える。この場合に、時点 $k-1$ において状態 S_a に遷移し得る状態を S_p とすれば、パスメトリック $L(S_a, k)$ は、時点 $k-1$ におけるパスメトリックを用いて次式のように計算される。

【0083】

※に、時点 $k-1$ において状態 S_a に遷移し得る状態が複数個存在することがある。図7においては、状態 S_0 および S_2 がこのような場合である。すなわち時点 k において状態 S_0 である場合に、時点 $k-1$ において状態 S_0 に遷移し得る状態は、 S_0 と S_3 の2個である。また、時点 k において状態 S_2 である場合に、時点 $k-1$ において状態 S_2 に遷移し得る状態は、 S_1 と S_2 の2個である。一般的な説明として、時点 k において状態 S_a であり、且つ、時点 $k-1$ において状態 S_a に遷移し得る状態が S_p および S_q の2個である場合に、パスメトリック $L(S_a, k)$ は、次式のように計算される。

40 【0085】

リック $L(S_a, k)$ とする。

【0086】このようなパスメトリックの計算を、図7を用いて上述した4値4状態について具体的に適用すると、時点 k における各状態 S_0, S_1, S_2 および S_3 についてのパスメトリック $L(0, k), L(1,$

50 $k), L(2, k)$ および $L(3, k)$ は、時点 $k-1$

における各状態 $S_0 \sim S_3$ についてのパスメトリック L *に計算できる。

$(0, k-1) \sim L(3, k-1)$ を用いて以下のよう * 【0087】

$$L(0, k) = \min \{ L(0, k-1) + (z[k] + A + B)^2, \\ L(3, k-1) + (z[k] + A)^2 \} \quad (15)$$

$$L(1, k) = L(0, k-1) + (z[k] + A)^2 \quad (16)$$

$$L(2, k) = \min \{ L(2, k-1) + (z[k] - A - B)^2, \\ L(1, k-1) + (z[k] - A)^2 \} \quad (17)$$

$$L(3, k) = L(2, k-1) + (z[k] - A)^2 \quad (18)$$

上述したように、このようにして計算されるパスメトリックの値を比較して、最尤な状態遷移が選択されれば良い。ところで、最尤な状態遷移を選択するためには、パスメトリックの値そのものを計算しなくても、パスメトリックの値の比較ができれば良い。そこで、実際の4値※

※4状態ビタビ復号方法においては、パスメトリックの代わりに以下に定義するような規格化パスメトリックを用いることにより、各時点 k における $z[k]$ に基づく計算を容易なものとするようになされる。

【0088】

$$m(i, k) \\ = [L(i, k) - z[k]^2 - (A+B)^2] / 2 / (A+B) \quad (19)$$

式(19)を $S_0 \sim S_3$ の各状態に適用すると、具体的な規格化パスメトリックは、以下のように2乗計算を含まないものとなる。このため、後述する、加算、比較、★

★選択回路(ACS)21における計算を容易なものとすることができる。

【0089】

$$m(0, k) = \min \{ m(0, k-1) + z[k], \\ m(3, k-1) + \alpha \times z[k] - \beta \} \quad (20)$$

$$m(1, k) = m(0, k-1) + \alpha \times z[k] - \beta \quad (21)$$

$$m(2, k) = \min \{ m(2, k-1) - z[k], \\ m(1, k-1) - \alpha \times z[k] - \beta \} \quad (22)$$

$$m(3, k) = m(2, k-1) + \alpha \times z[k] - \beta \quad (23)$$

但し、式(20)～(23)中の α および β は、以下のようなものである。

【0090】

$$\alpha = A / (A+B) \quad (24)$$

$$\beta = B \times (B+2 \times A) / 2 / (A+B) \quad (25)$$

このような規格化パスメトリックに基づく4値4状態ビタビ復号方法における状態遷移の条件について図9に示す。上述の4個の規格化パスメトリックの内に、2個から1個を選択する式が2つあるので、 $2 \times 2 = 4$ 通りの条件がある。

【0091】〔4値4状態ビタビ復号器の概要〕上述した4値4状態ビタビ復号方法を実現するビタビ復号器13について以下に説明する。図10にビタビ復号器13の全体構成を示す。ビタビ復号器13は、ブランチメトリック計算回路(以下、BMCと表記する)20、加算、比較および選択回路(以下、ACSと表記する)21、圧縮およびラッチ回路22およびパスメモリユニット(以下、PMUと表記する)23から構成される。これらの各構成要素に対して上述のリードクロック DCK (以下の説明においては、単にクロックと表記する)が供給されることにより、ビタビ復号器13全体の動作タイミングが合わされる。以下、各構成要素について説明する。

【0092】BMC20は、入力される再生信号 $z[k]$ に基づいて、規格化パスメトリックに対応するブランチメトリックの値 BM_0, BM_1, BM_2 および B

M_3 を計算する。 $BM_0 \sim BM_3$ は、上述の式(20)～(23)の規格化パスメトリックを計算するために必要とされる、以下のようなものである。

【0093】

$$BM_0 = z[k] \quad (26)$$

$$BM_1 = \alpha \times z[k] - \beta \quad (27)$$

$$BM_2 = -z[k] \quad (28)$$

$$BM_3 = -\alpha \times z[k] - \beta \quad (29)$$

この計算に必要な α および β は、上述の式(24)および(25)に従ってBMC20によって計算される基準値である。かかる計算は、例えば再生信号 $z[k]$ に基づくエンベロープ検出等の方法で検出され、BMC20に供給される識別点 $-A-B, -A, A$ および $A+B$ の値に基づいてなされる。

【0094】 $BM_0 \sim BM_3$ の値は、ACS21に供給される。一方、ACS21は、後述するような圧縮およびラッチ回路22から、1クロック前の規格化パスメトリックの値(但し、後述するように圧縮のなされたもの) M_0, M_1, M_2 および M_3 を供給される。そして、 $M_0 \sim M_3$ と、 $BM_0 \sim BM_3$ とを加算して、後述するようにして、最新の規格化パスメトリックの値 L_0, L_1, L_2 および L_3 を計算する。 $M_0 \sim M_3$ が圧縮のなされたものであるため、 $L_0 \sim L_3$ を計算する際のオーバーフローを避けることができる。

【0095】さらに、ACS21は、最新の規格化パスメトリックの値 $L_0 \sim L_3$ に基づいて、後述するよう

に、最尤な状態遷移を選択し、また、選択結果に対応して、パスメモリ23に供給される選択信号SEL0およびSEL2を'High'または'Low'とする。

【0096】また、AC S 21は、L0～L3を圧縮およびラッチ回路22に供給する。圧縮およびラッチ回路22は、供給されるL0～L3を圧縮した後にラッチする。その後、1クロック前の規格化パスメトリックM0～M3としてAC S 21に供給する。

【0097】この際の圧縮の方法としては、例えば以下に示すように、最新の規格化パスメトリックL0～L3から、そのうちの1個、例えばL0を一律に差し引く等の方法が用いられる。

【0098】

$$M0 = L0 - L0 \quad (30)$$

$$M1 = L1 - L0 \quad (31)$$

$$M2 = L2 - L0 \quad (32)$$

$$M3 = L3 - L0 \quad (33)$$

この結果として、M0が常に0の値をとることになるが、以下の説明においては、一般性を損なわないために、このままM0と表記する。式(30)～(33)によって計算されるM0～M3の値の差は、L0～L3の値の差と等しいものとなる。上述したように、最尤な状態遷移の選択においては、規格化パスメトリック間の値の差のみが問題となる。従って、このような圧縮方法は、最尤な状態遷移の選択結果に影響せずに規格化パスメトリックの値を圧縮し、オーバーフローを防止する方法として有効である。このように、AC S 21と圧縮およびラッチ回路22は、規格化パスメトリックの計算に関するループを構成する。

【0099】上述のAC S 21について、図11を参照してより詳細に説明する。AC S 21は、6個の加算器51、52、53、54、56、58および2個の比較器55、57から構成される。一方、上述したようにAC S 21には、1クロック前の圧縮された規格化パスメトリックの値M0～M3および規格化パスメトリックに対応するブランチメトリックの値BM0～BM3が供給される。

【0100】加算器51には、M0およびBM0が供給される。加算器51は、これらを加算して以下のようなL00を算出する。

$$L00 = M0 + BM0 \quad (34)$$

上述したように、M0は、時点k-1において状態S0に至った場合に、経過してきた状態遷移の総和に対応する圧縮された規格化パスメトリックである。また、BM0は、時点kにおいて入力される再生信号z[k]に基づいて上述の(26)式に従って計算されるもの、すなわちz[k]の値そのものである。従って、式(34)の値は、上述したような圧縮の作用の下に、上述の式(20)中のm(0, k-1)+z[k]の値を計算したものととなる。すなわち、時点k-1において状態S0

であり、時点kにおける状態遷移S0→S0によって最終的に状態遷移S0に至った場合に対応する計算値である。

【0102】一方、加算器52には、M3およびBM1が供給される。加算器51は、これらを加算して以下のようなL30を算出する。

$$L30 = M3 + BM1 \quad (35)$$

上述したように、M3は、時点k-1において状態S3に至った場合に、経過してきた状態遷移の総和に対応する、圧縮された規格化パスメトリックである。また、BM1は、時点kにおいて入力される再生信号z[k]に基づいて上述の(27)式に従って計算されるもの、すなわち $\alpha \times z[k] - \beta$ である。従って、式(35)の値は、上述したような圧縮の作用の下に、上述の式(20)中のm(3, k-1)+ $\alpha \times z[k] - \beta$ の値を計算したものととなる。すなわち、時点k-1において状態S3であり、時点kにおける状態遷移S3→S0によって最終的に状態遷移S0に至った場合に対応する計算値である。

【0104】上述のL00およびL30は、比較器55に供給される。比較器55は、L00およびL30の値を比較し、小さい方を最新の規格化パスメトリックL0とすると共に、選択結果に応じて、上述したように選択信号SEL0の極性を切替える。このような構成は、式(20)において、最小値が選択されることに対応するものである。すなわち、L00<L30の場合(この時は、S0→S0が選択される)に、L00をL0として出力し、且つ、SEL0を例えば、'Low'とする。また、L30<L00の場合(この時は、S3→S0が選択される)には、L30をL0として出力し、且つ、SEL0を例えば'High'とする。SEL0は、後述するように、状態S0に対応するA型パスメモリ24に供給される。

【0105】このように、加算器51、52および比較器55は、上述の式(20)に対応して、S0→S0とS3→S0の内から、時点kにおける状態遷移として最尤なものを選択する動作を行う。そして、選択結果に応じて、最新の規格化パスメトリックL0および選択信号SEL0を出力する。

【0106】また、加算器56には、M0およびBM1が供給される。加算器51は、これらを加算して以下のようなL1を算出する。

$$L1 = M0 + BM1 \quad (36)$$

上述したように、M0は、時点k-1において状態S0に至った場合に、経過してきた状態遷移の総和に対応する圧縮された規格化パスメトリックである。また、BM1は、時点kにおいて入力される再生信号z[k]に基づいて上述の(27)式に従って計算されるもの、すなわち $\alpha \times z[k] - \beta$ である。従って、式(36)の値は、上述したような圧縮の作用の下に、上述の式(2

21

1) の右辺 $m(0, k-1) + \alpha \times z[k] - \beta$ の値を計算したものととなる。

【0108】すなわち、時点 $k-1$ において状態 $S0$ であり、時点 k における状態遷移 $S0 \rightarrow S1$ によって最終的に状態遷移 $S1$ に至った場合に対応する計算値である。式(21)が値の選択を行わないことに対応して、加算器56の出力がそのまま最新の規格化パスメトリック $L1$ とされる。

【0109】加算器53には、 $M2$ および $BM2$ が供給される。加算器53は、これらを加算して以下のような $L22$ を算出する。

$$【0110】 L22 = M2 + BM2 \quad (37)$$

上述したように、 $M2$ は、時点 $k-1$ において状態 $S2$ に至った場合に、経由してきた状態遷移の総和に対応する圧縮された規格化パスメトリックである。また、 $BM0$ は、時点 k において入力される再生信号 $z[k]$ に基づいて上述の(28)式に従って計算されるもの、すなわち $-z[k]$ である。従って、式(37)の値は、上述したような圧縮の作用の下に、上述の式(22)中の $m(2, k-1) - z[k]$ の値を計算したものととなる。すなわち、時点 $k-1$ において状態 $S2$ であり、時点 k における状態遷移 $S2 \rightarrow S2$ によって最終的に状態遷移 $S2$ に至った場合に対応する計算値である。

【0111】一方、加算器54には、 $M1$ および $BM3$ が供給される。加算器53は、これらを加算して以下のような $L12$ を算出する。

$$【0112】 L12 = M1 + BM3 \quad (38)$$

上述したように、 $M1$ は、時点 $k-1$ において状態 $S1$ に至った場合に、経由してきた状態遷移の総和に対応する圧縮された規格化パスメトリックである。また、 $BM3$ は、時点 k において入力される再生信号 $z[k]$ に基づいて上述の(29)式に従って計算されるもの、すなわち $-\alpha \times z[k] - \beta$ である。従って、式(38)の値は、上述したような圧縮の作用の下に、上述の式(22)中の $m(1, k-1) - \alpha \times z[k] - \beta$ の値を計算したものととなる。すなわち、時点 $k-1$ において状態 $S1$ であり、時点 k における状態遷移 $S1 \rightarrow S2$ によって最終的に状態遷移 $S2$ に至った場合に対応する計算値である。

【0113】上述の $L22$ および $L12$ は、比較器57に供給される。比較器57は、 $L22$ および $L12$ の値を比較し、小さい方を最新の規格化パスメトリック $L2$ とすると共に、選択結果に応じて、上述したように選択信号 $SEL2$ の極性を切替える。このような構成は、式(22)において、最小値が選択されることに対応するものである。

【0114】すなわち、 $L22 < L12$ の場合(この時は、 $S2 \rightarrow S2$ が選択される)に、 $L22$ を $L2$ として出力し、且つ、 $SEL2$ を例えば、'Low' とする。また、 $L12 < L22$ の場合(この時は、 $S1 \rightarrow S2$ が選

22

択される)には、 $L12$ を $L2$ として出力し、且つ、 $SEL2$ を例えば 'High' とする。 $SEL2$ は、後述するように、状態 $S2$ に対応するA型パスメトリック26に供給される。

【0115】このように、加算器53、54および比較器57は、上述の式(22)に対応して、 $S1 \rightarrow S2$ と $S2 \rightarrow S2$ の内から、時点 k における状態遷移として最尤なものを選択する。そして、選択結果に応じて、最新の規格化パスメトリック $L2$ および選択信号 $SEL2$ を出力する。

【0116】また、加算器58には、 $M2$ および $BM3$ が供給される。加算器58は、これらを加算して以下のような $L3$ を算出する。

$$【0117】 L3 = M2 + BM3 \quad (39)$$

上述したように、 $M2$ は、時点 $k-1$ において状態 $S2$ に至った場合に、経由してきた状態遷移の総和に対応する圧縮された規格化パスメトリックである。また、 $BM3$ は、時点 k において入力される再生信号 $z[k]$ に基づいて上述の(29)式に従って計算されるもの、すなわち $-\alpha \times z[k] - \beta$ である。従って、式(39)の値は、上述したような圧縮の作用の下に、上述の式(23)の右辺 $m(2, k-1) + \alpha \times z[k] - \beta$ の値を計算したものととなる。

【0118】すなわち、時点 $k-1$ において状態 $S0$ であり、時点 k における状態遷移 $S2 \rightarrow S3$ によって最終的に状態遷移 $S3$ に至った場合に対応する計算値である。式(23)が値の選択を行わないことに対応して、加算器58の出力がそのまま最新の規格化パスメトリック $L3$ とされる。

【0119】上述したようにして、 $ACS21$ が出力する $SEL0$ および $SEL2$ に従って、パスメモリユニット(以下、 PMU と表記する)23が動作することによって、記録データ $a[k]$ に対する最尤復号系列としての復号データ $a'[k]$ が生成される。 $PMU23$ は、図7に示した4個の状態間の状態遷移に対応するために、2個のA型パスメモリおよび2個のB型パスメモリから構成される。

【0120】A型パスメモリは、その状態に至る遷移として2つの遷移(すなわち、自分自身からの遷移と、他の1個の状態からの遷移)を有し、且つ、その状態を起点とする2つの遷移(すなわち、自分自身に至る遷移と他の1個の状態に至る遷移)を有する状態に対応するための構成とされる。従って、A型パスメモリは、図7に示した4個の状態の内、 $S0$ および $S2$ に対応するものである。

【0121】一方、B型パスメモリは、その状態に至る遷移が1つのみであり、且つ、その状態を起点とする遷移が1つのみである状態に対応するための構成とされる。従って、B型パスメモリは、図7に示した4個の状態の内、 $S1$ および $S3$ に対応するものである。

【0122】これら2個のA型パスメモリおよび2個のB型パスメモリが図7に示した状態遷移図に従う動作を行うために、PMU23において、図10に示すような復号データの受渡しがなされるように構成される。すなわち、A型パスメモリ24がS0に対応し、A型パスメモリ26がS2に対応する。また、B型パスメモリ25がS1に対応し、また、B型パスメモリ27がS3に対応する。

【0123】このように構成すれば、S0を起点として生じ得る状態遷移がS0→S0およびS0→S1であり、S2を起点として生じ得る状態遷移がS2→S2およびS2→S3であることに合致する。また、S1を起点として生じ得る状態遷移がS1→S2のみであり、S3を起点として生じ得る状態遷移がS3→S0のみであることに合致する。

【0124】A型パスメモリ24について、その詳細な構成を図12に示す。A型パスメモリ24は、パスメモリ長に対応する個数のフリップフロップとセレクタを、交互に接続したものである。図10には、14ビットのデコードデータ長に対応する構成を示した。すなわち、14個のセレクタ311～3114および15個のフリップフロップ300～3014を有するものである。セレクタ311～3114は、何れも2個のデータを受取り、その内の1個を選択的に後段に供給するものである。また、フリップフロップ300～3014にクロックが供給されることにより、A型パスメモリ24全体の動作タイミングが合わされる。

【0125】図7を用いて上述したように、状態S0に至る遷移は、S0→S0すなわち自分自身から継承する遷移、およびS3→S0である。このような状況に対応する構成として、各セレクタは、前段のフリップフロップから供給されるデータすなわちS0→S0に対応する復号データと、状態S3に対応するB型パスメモリ27から供給されるデータすなわちS3→S0に対応する復号データPM3とを受取る。

【0126】さらに、各セレクタは、AC S21からSEL0を供給される。そして、SEL0の極性にに応じて、供給される2個の復号データの内の一方を後段のフリップフロップに供給する。また、このようにして後段のフリップフロップに供給される復号データは、状態S1に対応するB型パスメモリ25にもPM0として供給される。

【0127】すなわち、例えばセレクタ3114は、前段のフリップフロップ3013から供給されるデータと、B型パスメモリ27から供給される14ビットからなるPM3の14番目のビット位置のデータとを受取る。そして、これら2個のデータの内から以下のようにして選択したデータを、後段のフリップフロップ3014に供給する。上述したようにSEL0は、選択結果に応じて、'Low' または 'High' とされる。

【0128】SEL0が例えば'Low'の時は、前段のフリップフロップ3013からのデータが選択されるようになされる。また、SEL0が例えば'High'の時は、PM3の14番目のビット位置のデータが選択されるようになされる。選択されたデータは、後段のフリップフロップ3014に供給され、また、PM0の14番目のビット位置のデータとして、状態S1に対応するB型パスメモリ25に供給される。

【0129】A型パスメモリ24中の他のセレクタ311～3113においても、SEL0の極性に依拠して、同様な動作が行われる。従って、A型パスメモリ24全体としては、SEL0が例えば'Low'の時は、A型パスメモリ24中で、各々のフリップフロップがその前段に位置するフリップフロップのデータを継承するシリアルシフトを行う。また、SEL0が例えば'High'の時は、B型パスメモリ27から供給される14ビットからなる復号データPM3を継承するパラレルロードを行う。何れの場合にも、継承される復号データは、B型パスメモリ25に14ビットの復号データPM0として供給される。

【0130】また、最初の処理段となるフリップフロップ300には、クロックに同期して常に'0'が入力される。かかる動作は、S0に至る状態遷移S0→S0とS2→S0の何れにおいても、図7に示すように、復号データが'0'なので、最新の復号データは、常に'0'となることに依拠している。

【0131】上述したように、S2に対応するA型パスメモリ26についても、構成自体は、A型パスメモリ24と全く同様である。但し、AC S21から入力される選択信号は、SEL2である。また、図6に示すように状態S2に至る遷移としては、S2→S2すなわち自分自身から継承する遷移と、S1→S2とがある。このため、状態S1に対応するB型パスメモリ25からPM1を供給される。さらに、状態S2を起点として生じ得る状態がS2すなわち自分自身と、S3であることに依拠して、状態S3に対応するB型パスメモリ27にPM2を供給する。

【0132】また、S2に対応するA型パスメモリ26においても、最初の処理段となるフリップフロップには、クロックに同期して常に'0'が入力される。かかる動作は、S2に至る状態遷移S2→S2とS1→S0の何れにおいても、図7に示すように、復号データが'0'なので、最新の復号データは、常に'0'となることに依拠している。

【0133】他方、B型パスメモリ25について、その詳細な構成を図13に示す。B型パスメモリ25は、パスメモリ長に対応する個数のフリップフロップを接続したものである。図13には、14ビットのデコードデータ長に対応する構成を示した。すなわち、15個のフリップフロップ320～3214を有するものである。フリップフロップ320～3214にクロックが供給されるこ

とにより、B型パスメモリ25全体の動作タイミングが合わされる。

【0134】各フリップフロップ32₁～32₁₄には、状態S0に対応するA型パスメモリ24から、14ビットの復号データがPM0として供給される。例えば、フリップフロップ32₁には、PM0の1ビット目が供給される。各フリップフロップ32₁～32₁₄は、供給された値を1クロックの間保持する。そして、状態S2に対応するA型パスメモリ26に、14ビットの復号データPM1として出力する。例えば、フリップフロップ32₁は、PM1の2ビット目を出力する。

【0135】B型パスメモリ25中の他のセレクト32₁～32₁₃においても、同様な動作が行われる。従って、B型パスメモリ25全体としては、A型パスメモリ24から供給される14ビットからなる復号データPM0を受取り、またA型パスメモリ26に14ビットからなる復号データPM1を供給する。

【0136】また、フリップフロップ32₀には、クロックに同期して常に‘1’が入力される。かかる動作は、図7に示したように、最新の状態遷移がS0→S1である場合に復号データが‘1’であることに対応している。

【0137】また、上述のように、状態S3に対応するB型パスメモリ27についても、B型パスメモリ25と全く同様な構成とされる。但し、図7に示すように状態S3に至る遷移は、S2→S3なので、状態S2に対応するA型パスメモリ26からPM2を供給される。さらに、状態S3を起点として生じ得る状態がS0であることに対応して、状態S0に対応するA型パスメモリ24にPM3を供給するようになされる。B型パスメモリ27においても、最初の処理段となるフリップフロップには、クロックに同期して常に‘1’が入力される。かかる動作は、図7に示したように、最新の状態遷移がS2→S3である場合に復号データが‘1’であることに対応している。

【0138】上述したようにして、PMU23中の4個のパスメモリは、各々復号データを生成する。このようにして生成される4個の復号データは、常に正確なビタビ復号動作がなされる場合には、互いに一致することになる。ところで、実際のビタビ復号動作においては、4個の復号データに不一致が生じることも起こり得る。このような不一致は、再生信号に含まれるノイズの影響等により、上述の識別点AおよびBを検出する際に誤差が生じる等の要因により、ビタビ復号動作が不正確なものとなることによって生じる。

【0139】一般に、このような不一致が生じる確率は、再生信号の品質に対応してパスメモリの処理段数を十分に大きく設定することによって減少させることができる。すなわち、再生信号のC/N等の品質が良い場合には、パスメモリの処理段数が比較的小さくても復号データ間の不一致が生じる確率は小さい。これに対して、

再生信号の品質が良くない場合には、上述の不一致が生じる確率を小さくするためには、パスメモリの処理段数を大きくする必要がある。

【0140】再生信号の品質に対してパスメモリの処理段数が比較的小さくて、復号データ間の不一致が生じる確率を十分に低くすることができない場合には、4個の復号データから、例えば多数決等の方法によって、より的確なものを選択するような、図示しない構成がPMU23中の4個のパスメモリの後段に設けられる。

【0141】〔4値4状態ビタビ復号方法以外のビタビ復号方法〕上述した4値4状態ビタビ復号方法は、フィルタ部11において用いられる波形等化特性がPR(1, 2, 1)であり、且つ、記録データとしてRL(1, 7)符号が採用される場合に用いられる。例えば、ISOで標準化が進められている記録線密度0.40μm、レーザ波長685nm、NA=0.55の場合には、波形等化特性をPR(1, 2, 1)とし、4値4状態ビタビ復号方法を用いることが最適となる。他方、波形等化特性または記録データを生成するための符号化方法に応じて、他の種類のビタビ復号方法が用いられることもある。

【0142】例えば、波形等化特性がPR(1, 1)であり、且つ、記録データとしてRL(1, 7)符号が用いられる場合には、3値4状態ビタビ復号方法が用いられる。また、波形等化特性がPR(1, 3, 3, 1)であり、且つ、記録データとしてRL(1, 7)符号が用いられる場合には、7値6状態ビタビ復号方法が用いられる。このようなビタビ復号方法の内、何れを用いるかを選択するための要素の1つとなる波形等化特性は、再生信号上の符号間干渉に適合する程度が良いものが採用される。従って、上述したように、線記録密度およびMTFを考慮して最適なものとされる。

【0143】また、波形等化特性の理論値からのずれ、および再生信号の振幅変動、非対称歪等によって、識別点の値が理論と異なる場合もある。このような場合を考慮して、ビタビ復号方法を修正して用いることも行われる。例えば4値4状態ビタビ復号方法において、波形等化特性を正確にPR(1, 2, 1)とすることは困難である点を考慮して、後述するように6個の識別点を前提とした6値4状態ビタビ復号方法が用いられることもある。

【0144】この発明は、例えば下位互換性等の要求に応じるために、同一の構成を用い、簡単なモード切替えを行うことによって、異なる種類のビタビ復号方法を選択的に行うことができるようにしたものである。

【0145】以下に説明するこの発明の実施の一形態は、4値4状態ビタビ復号方法と共に、3値4状態ビタビ復号方法を行うことができるようにしたものである。

【0146】また、後述するように、この発明は、再生信号値に基づいて選択した最尤な状態遷移に対応して、

パスメモリユニットPMUによって復号データを生成する上述したような情報再生装置にも適用できる。

【0147】但し、以下に説明するこの発明の実施の一形態は、選択された最尤な状態遷移そのものを表現する状態データを生成する機能を有する光磁気ディスク装置にこの発明を適用したものである。このような光磁気ディスク装置は、PMUの代わりに、ステータスメモリユニット（以下、SMUと表記する）を有する。このような場合には、状態データを用いて、複合以外の処理、例えばリードクロック位相誤差の検出、および後述するよう

な振幅基準値の適応化等を行うことができる。

【0148】4値4状態ビタビ復号方法を行う際に、状態データを生成するビタビ復号器について説明する。この場合には、4個の状態を2ビットで表現できるので、このような2ビットのデータを状態データ値として用いることができる。そこで、図7中のS0、S1、S2、S3を、それぞれ2ビットの状態データ値、00、01、11、10を用いて表現することができる。そこで、以下の説明においては、図7中のS0、S1、S2、S3をそれぞれS00、S01、S11、S10と

表記する。

【0149】また、以下の説明においては、4値4状態ビタビ復号方法における波形等化特性として、上述のPR(B, 2A, B)の代わりに、規格化されたものすなわちPR(1, 2, 1)を前提とする。このため、識別点の値すなわちノイズを考慮しない計算によって求まる再生信号値c[k]は、図7中の-A-B, -A, A, A+Bの代わりにそれぞれ0、1、3、4と表現される。

【0150】このような表記により、4値4状態ビタビ復号方法の状態遷移図として、図7の代わりに図14を用いる。図14には、各状態遷移に対して計算されるブランチメトリックも合わせて記載した。

$$\begin{aligned} m10[k] &= m11[k-1] + bm110 & (46) \\ m11[k] &= \min \{ m11[k-1] + bm111, \\ & \quad m01[k-1] + bm011 \} & (47) \\ m01[k] &= m00[k-1] + bm001 & (48) \\ m00[k] &= \min \{ m00[k-1] + bm000, \\ & \quad m10[k-1] + bm100 \} & (49) \end{aligned}$$

各時点においてこのように算出されるパスメトリックに基づいて、状態データが生成される。かかる状態データに基づいて、復号データの生成等の処理が行われる。

【0156】次に、3値4状態ビタビ復号方法について説明する。3値4状態ビタビ復号方法は、波形等化特性がPR(1, 1)であり、且つ、記録データがRL(1, 7)符号である場合に用いられる。

$$c[k] = 1 \times b[k-1] + 1 \times b[k] \quad (2)'$$

上述したように、時点kおよびk-1における再生信号の振幅は、それぞれプリコード出力b[k]およびb[k-1]に対応する。従って、ノイズ等の影響を無視

*【0151】次に、このような各状態の表記を利用した、状態遷移に伴うブランチメトリックの表記方法について説明する。まず、遷移前の状態と遷移後の状態を表記するそれぞれ2ビットの状態データ値を書き並べて4個の数字の列とする。次に、中央寄りの2個の（すなわち2番目と3番目の）数字を1個の数字とする。この時、図14に記載されている6個の状態遷移の何れについても、中央寄りの2個の数字は、同一なものとなることに注意が必要である。

【0152】このようにして、3個の数字の列として、1リードクロックの間に生じ得るブランチメトリックを表記する。例えば状態遷移S11→S10に伴うブランチメトリックは、bm110と表記される。このようにして、図14中の6種類の状態遷移に対応するブランチメトリックを、図15に示すように表記できる。

【0153】このような6種類のブランチメトリックを定義通りに、すなわち各時点においてサンプリングされる再生信号値と振幅基準値との間のユークリッド距離として計算する場合には、以下の式(40)～(45)が用いられる。

$$\begin{aligned} bm000 &= (z[k] - 0)^2 & (40) \\ bm001 &= (z[k] - 1)^2 & (41) \\ bm011 &= (z[k] - 3)^2 & (42) \\ bm111 &= (z[k] - 4)^2 & (43) \\ bm110 &= (z[k] - 3)^2 & (44) \\ bm100 &= (z[k] - 1)^2 & (45) \end{aligned}$$

このようなブランチメトリックの値を用いて、時点kにおいて状態Sijに至るパスメトリックmij[k]が以下の式(46)～(49)のように計算される。これらの式は、4値4状態ビタビ復号方法における上述の(15)～(18)に相当するものである。

*【0155】

$$m10[k] = m11[k-1] + bm110 \quad (46)$$

$$m11[k] = \min \{ m11[k-1] + bm111, \\ m01[k-1] + bm011 \} \quad (47)$$

$$m01[k] = m00[k-1] + bm001 \quad (48)$$

$$m00[k] = \min \{ m00[k-1] + bm000, \\ m10[k-1] + bm100 \} \quad (49)$$

※【0157】PR(1, 1)は、ある時点における再生信号値がその前後の時点kおよびk-1における振幅を何れも1倍したものの和とされるパーシャルレスポンス特性である。すなわち、以下のように再生信号値が以下の式(2)'のように計算される。

【0158】

$$c[k] = 1 \times b[k-1] + 1 \times b[k] \quad (2)'$$

した場合には、PR(1, 1)の下での波形等化後の出力は、大きい順に、1+1=2、1+0=0+1=1および0+0=0の3種類の振幅を有する。これら3種類

の値がこの場合の識別点である。

【0159】図16に示すように、PR(1, 1)では、インパルス応答のピークがサンプリング時点の中間に来るようになされる。比較のために、4値4状態ビタビ復号方法において用いられるPR(1, 2, 1)のインパルス応答を図17に示す。

【0160】3値4状態ビタビ復号方法では、状態をb[k-1]とb[k]の組合わせとして表現できる。プリコード出力を定義する上述の式(1)、およびRL(1, 7)符号化によって記録データa[k]等に対し

て課される制限を考慮すると、以下のような4個の状態が可能であることがわかる。

【0161】
S00: b[k-1] = 0 および b[k] = 0
S01: b[k-1] = 0 および b[k] = 1
S10: b[k-1] = 1 および b[k] = 0
S11: b[k-1] = 1 および b[k] = 1

さらに、3値4状態ビタビ復号方法における状態遷移図を得るために、これらの各状態を起点として、次の時点で生じ得る状態を記録データ値a[j+1]との関連において調べる。一例として、時点jにおいて状態S00である場合について説明する。

【0162】この時には、上述したようにb[j] = 0 および b[j-1] = 0 である。式(1)に従ってこのようにプリコードされる記録データは、以下のものである。

【0163】a[j] = 0、a[j-1] = 0
[a[j+1] = 1の時]

この時、b[j+1]が式(1)に従って以下のように計算される。

【0164】
$$b[j+1] = \text{mod } 2 \{ a[j+1] + b[j] \}$$
$$= \text{mod } 2 \{ 1 + 0 \}$$
$$= 1 \quad (50)$$

従って、次の時点j+1での状態は、b[j] = 0 およ

$$c[j+1] = \{ 1 \times b[j+1] + 1 \times b[j-1] \}$$
$$= \{ 1 \times 0 + 1 \times 0 \}$$
$$= 0 \quad (53)$$

以上のことから、時点jで状態S00である場合において、新たな再生信号値c[j+1]の値が誤差の範囲内で0である時には、状態遷移S00→S00が生じ、復号データ値として、a[j+1]の値'0'が得られることがわかる。

【0171】このようにして、S00以外の各状態についても、それらを起点として次の時点において生じ得る状態遷移と、各状態遷移に伴う復号データ値および再生信号値との対応を求めることができる。

【0172】このような対応をまとめたものが図18に示す3値4状態ビタビ復号方法の状態遷移図である。図18には、各状態遷移に対して計算されるブランチメ

*びb[j+1] = 1なので、S01である。このようにして、a[j+1] = 1の場合には、S00→S01という状態遷移が生じることが特定できる。

【0165】また、この時、再生信号c[j+1]の値は、上述の式(2)'に従って、次のように計算される。

【0166】
$$c[j+1] = \{ 1 \times b[j+1] + 1 \times b[j] \}$$
$$= 1 \times 1 + 1 \times 0$$
$$= 1 \quad (51)$$

以上のことから、時点jで状態S00である場合において、新たな再生信号値c[j+1]の値が誤差の範囲内で1である時には、状態遷移S00→S10が生じ、復号データ値として、a[j+1]の値'1'が得られることがわかる。

【0167】[a[j+1] = 0の時]

この時は、式(1)に従って、b[j+1]が以下のように計算される。

【0168】
$$b[j+1] = \text{mod } 2 \{ a[j+1] + b[j] \}$$
$$= \text{mod } 2 \{ 0 + 0 \}$$
$$= 0 \quad (52)$$

従って、次の時点j+1での状態は、b[j] = 0 および b[j+1] = 0 なので、S00である。このようにして、a[j+1] = 0の場合には、S00→S00という遷移が生じることが特定できる。

【0169】また、この時、再生信号c[j+1]の値は、式(2)'に従って、次のように計算される。

【0170】

リックも合わせて記載した。ブランチメトリックの表記方法は、上述した4値4状態ビタビ復号方法におけるものと同様である。

【0173】図18に示した6個の状態遷移に対応するブランチメトリックは、以下のように定義される。

【0174】
$$bm000 = (z[k] - 0)^2 \quad (54)$$

$$bm001 = (z[k] - 1)^2 \quad (55)$$

$$bm011 = (z[k] - 2)^2 \quad (56)$$

$$bm111 = (z[k] - 2)^2 \quad (57)$$

$$bm110 = (z[k] - 1)^2 \quad (58)$$

$$bm100 = (z[k] - 0)^2 \quad (59)$$

31

式(54)～(59)は、ブランチメトリックを、各時点においてサンプリングされる再生信号値 $z[k]$ と、振幅基準値との間のユークリッド距離として計算するものである。ブランチメトリックをこのように計算する場合には、各識別点の値がそのまま振幅基準値とされる。式(54)～(59)は、4値4状態ビタビ復号方法におけるブランチメトリックすなわち式(40)～(45)と、振幅基準値が異なる以外は全く同様な式であ

$$m10[k] = m11[k-1] + bm110 \quad (46)'$$

$$m11[k] = \min \{m11[k-1] + bm111, m01[k-1] + bm011\} \quad (47)'$$

$$m01[k] = m00[k-1] + bm001 \quad (48)'$$

$$m00[k] = \min \{m00[k-1] + bm000, m10[k-1] + bm100\} \quad (49)'$$

各時点においてこのように算出されるパスメトリックに基づいて、状態データが生成される。状態データに基づいて、復号データの生成等の処理が行われる。ところで、式(46)'～(49)'は、4値4状態ビタビ復号方法における上述の式(46)～(49)と全く同様なものである。従って、後述するように、式(46)'～(49)'に従うパスメトリックの計算および最尤な状態遷移の選択は、4値4状態ビタビ復号方法を行う構成と全く同様な構成によって実現される。

【0177】以下、この発明の一実施例の全体構成について、図19を参照して説明する。図19において、図1等を参照して上述した光磁気ディスク装置の一例と同様の構成要素には、同一の符号を付した。記録系および図示しないサーボ系等については、上述した光磁気ディスク装置の一例と同様である。

【0178】また、LPC4、アンプ8および9、並びにフィルタ部11に対し、装置制御部(以下、CPUと表記する)103から供給される制御信号を図示した。CPU103は、記録系および再生系中の構成要素の動作パラメータ等を制御する機能を有するものであり、上述の光磁気ディスク装置の一例においても設けられている。図1においては図示を省略したが、この発明の実施の一形態についての説明を明確なものとするために図19中に図示した。CPU103は、さらに、ビタビ復号器130中のBMC132において参照値として使用される振幅基準値を設定する。

【0179】再生系について説明する。光ピックアップ7からA/D変換器12までの構成および動作は、上述の光磁気ディスク装置の一例と同様である。但し、この発明の実施の一形態においては、フィルタ部11に対してCPU103が行う制御は、キャリブレーション等、再生条件を最適化する場合等に加えて、4値4状態ビタビ復号方法を行う時と、3値4状態ビタビ復号方法を行う時との間でフィルタ部11のパーシャルレスポンス特性を切替える場合にも行われる。また、かかる切替えに応じて、リードクロックDCKを生成するPLL14が

32

*る。従って、ブランチメトリックを算出するための計算処理を実現するBMC132は、4値4状態ビタビ復号方法と、3値4状態ビタビ復号方法とについて共通のもので良いことになる。

【0175】このようなブランチメトリックの値を用いて、時点kにおいて状態 S_{ij} に至るパスメトリック $m_{ij}[k]$ が以下のように計算される。

【0176】

$$m10[k] = m11[k-1] + bm110 \quad (46)'$$

$$m11[k] = \min \{m11[k-1] + bm111, m01[k-1] + bm011\} \quad (47)'$$

$$m01[k] = m00[k-1] + bm001 \quad (48)'$$

$$m00[k] = \min \{m00[k-1] + bm000, m10[k-1] + bm100\} \quad (49)'$$

ロックする位相は、後述するように、180度ずれたものとされる。

【0180】一般には、フィルタ部11は、アナログフィルタ、特に例えば8次等の高次のイクイリップルフィルタから構成される。そして、例えばCPU103によってなされるパーシャルレスポンス特性の切替えは、かかるイクイリップルフィルタの可変パラメータ、例えばブースト周波数、ブーストゲイン、およびカットオフ周波数等を制御することによって行われる。

【0181】ビタビ復号器130は、A/D変換器12から供給される再生信号値 $z[k]$ に基づいて、後述するようにして復号データを生成し、コントローラ2に供給する。コントローラ2は、供給される復号データに基づく復号化処理を行い、ユーザデータ等を再生する。

【0182】ビタビ復号器130についてより詳細に説明する。ビタビ復号器130は、BMC132、ACS133、SMU134およびマージブロック135から構成される。そして、これらの各構成要素には、PLL14からリードクロックDCK(以下、クロックと表記する)が供給され、動作タイミングが合わされる。

【0183】BMC132は、再生信号値 $z[k]$ に基づいて、CPU103によって設定される振幅基準値の下で上述のブランチメトリック $bm000 \sim bm111$ の値を計算し、計算した値をACS133に供給する。CPU103は、4値4状態ビタビ復号方法を行う時には、振幅基準値を0、1、3、4とし、また、3値4状態ビタビ復号方法を行う時には、振幅基準値を0、1、2とする。

【0184】ACS133について、図20を参照して説明する。ACS133は、図1等を参照して上述した光磁気ディスク装置の一例におけるACS21中の構成要素と、圧縮およびラッチ回路22中の構成要素を含む構成とされる。このような構成が各状態に対応して設けられるので、4個のブロックから構成されることになる。そして、各サブブロックが出力するパスメトリックの値が図14(および図18)に示した状態遷移図に従

って受け渡されるように接続されている。

【0185】この内、自身を継承し得る状態S00およびS11には、後述するA型サブブロックが対応する。図20においては、A型サブブロック140および142がそれぞれ状態S00およびS11に対応するよう図示した。また、自身を継承し得ない状態S01およびS10には、後述するB型サブブロックが対応する。図20においては、B型サブブロック141および143がそれぞれ状態S01およびS10に対応するよう図示した。

【0186】このようなA型サブブロック140には、BMC132からS00→S00に対応するブランチメトリックbm000、およびS10→S00に対応するブランチメトリックbm100がクロックに従って供給される。また、S10に対応するB型サブブロック143から1クロック前に更新されたパスメトリックm10の値を供給される。A型サブブロック140は、かかる1クロック前に更新されたパスメトリックm10の値にbm000の値を加算することによって、最新の遷移がS10→S00である場合の尤度の総和を計算する。

【0187】さらに、A型サブブロック140は、自身でラッチしている1クロック前のパスメトリックm00の値にbm000の値を加算することによって、最新の遷移がS00→S00である場合の尤度の総和を計算する。

【0188】そして、A型サブブロック140は、このようにして計算される2個の尤度の総和を比較して、最尤な状態遷移を選択する。選択された状態遷移に対応する尤度の総和が更新されたパスメトリックm00の値としてラッチされ、且つ、選択結果に対応する選択信号SEL00が出力される。更新されたパスメトリックm00の値は、A型サブブロック140自身がラッチすると共に、S01に対応するB型サブブロック141に供給される。

【0189】状態S11に対応するA型サブブロック142は、A型サブブロック140と同様に構成される。但し、供給されるブランチメトリックは、図14（および図18）中の状態遷移S11→S11およびS01→S11に対応するbm111およびbm011である。また、更新されるパスメトリックm11は、A型サブブロック142自身によってラッチされると共に、状態S10に対応するB型サブブロック143に供給される。さらに、選択結果に対応する選択信号として、SEL11が出力される。

【0190】B型サブブロック141は、上述の光磁気ディスク装置の一例中のACS21（図11参照）で、選択信号の生成を行わない部分の構成要素を有している。すなわち、1個のパスメトリックの値を更新するための1個の加算器を有している。さらに、B型サブブロック141は、圧縮およびラッチ回路22と同様の機能

を有する、更新されるパスメトリックの値を保持する手段を有している。

【0191】このようなB型サブブロック141には、BMC132からS00→S01に対応するブランチメトリックbm001がクロックに従って供給される。また、S00に対応するA型サブブロック140から1クロック前に更新されたパスメトリックm00の値を供給される。B型サブブロック141は、かかる1クロック前に更新されたパスメトリックm00の値にbm001の値を加算することによって、最新の遷移がS00→S01である場合の尤度の総和を計算し、計算結果を更新されたパスメトリックm01としてラッチする。パスメトリックm01の値は、クロックに従うタイミングで、S11に対応するA型サブブロック142に供給される。

【0192】状態S10に対応するB型サブブロック143は、B型サブブロック141と同様に構成される。但し、供給されるブランチメトリックは、状態遷移S11→S10に対応するbm110である。また、更新されるパスメトリックm10は、B型サブブロック143自身によってラッチされると共に、状態S00に対応するA型サブブロック140に供給される。

【0193】以上のようなACS133は、図14に示した4値4状態ビタビ復号方法の状態遷移図と、図18に示した3値4状態ビタビ復号方法の状態遷移図の両者に従うパスメトリックの計算および最尤な状態遷移の選択を実現するものである。従って、かかる構成により、4値4状態ビタビ復号方法および3値4状態ビタビ復号方法の何れについても共通に、パスメトリックの計算および最尤な状態遷移の選択を行うことができる。

【0194】すなわち、ACS133の出力、すなわち、SEL00およびSEL11は、BMC132の振幅基準値が0、1、3、4と設定される場合には、4値4状態ビタビ復号方法における最尤な状態遷移の選択結果である。また、BMC132の振幅基準値が0、1、2と設定される場合には、3値4状態ビタビ復号方法における最尤な状態遷移の選択結果である。

【0195】次に、SMU134について説明する。上述した光磁気ディスク装置の一例中のPMU23が1ビットの復号データ値を単位とする処理を行うものであるのに対し、SMU134は、2ビットの状態データ値を単位とする処理を行うものである。かかる処理によって、状態データ値sm[k+n]の系列としての状態データが生成される。

【0196】図21に示すように、SMU134は、2個のA型ステータスメモリ150および151、並びに2個のB型ステータスメモリ152および153を有している。さらにセレクト信号SEL00およびSEL11、クロック、並びに他のステータスメモリとの状態データの受渡し等のための信号線を接続されて構成され

る。A型ステータスメモリ150と151は、それぞれ、状態S00とS11に対応する。また、B型ステータスメモリ152と153は、それぞれ状態S01とS10に対応する。これら4個のステータスメモリ相互の接続は、図14（および図18）の状態遷移図に従うものとされる。

【0197】次に、図22を参照して、状態S00に対応するA型ステータスメモリ150についてより詳細に説明する。A型ステータスメモリ150は、 n 個の処理段を有する。すなわち、 n 個のセレクト201₀・・・201 _{$n-1$} と、 n 個のレジスタ202₀・・・202 _{$n-1$} とが交互に接続されている。各セレクト201₀～201 _{$n-1$} には、セレクト信号SEL00が供給される。

【0198】さらに、各セレクトには、上述したように、S10に対応するB型ステータスメモリ153から継承する状態データが n ビットからなるSM_{in}として供給される。また、各レジスタには、上述したように、S01に対応するB型ステータスメモリ152に継承される状態データが $n-1$ 個の状態データ値からなるSM_{out}として出力される。また、各レジスタ202₀～202 _{$n-1$} には、クロックが供給される。

【0199】一方、各セレクトの動作について説明する。図14（および図18）に示すように、S00に遷移し得る1クロック前の状態は、S00およびS10の何れかである。1クロック前の状態がS00である時は、自身を継承する遷移がなされることになる。このため、1段目のセレクト201₀には、シリアルシフトによって生成される状態データ中の最新の状態データ値として、'00'が入力される。

【0200】また、セレクト201₀には、パラレルロードとして、B型ステータスメモリ153から供給される状態データ中の最新の状態データ値SM_{in}[1]が供給される。セレクト201₀は、上述の選択信号SEL00に従って、これら2個の状態データ値の内の1個を後段のレジスタ202₀に供給する。

【0201】また、2段目以降の各セレクト201₁～201 _{$n-1$} は、2個のデータすなわち、パラレルロードとしてS10に対応するB型ステータスメモリ153から供給される1個の状態データ値と、シリアルシフトとして前段のレジスタから供給される1個の状態データ値とを受取る。そして、これら2個の状態データ値の内から、選択信号SEL00に従って、最尤なものと判断された状態データ値を後段のレジスタに供給する。セレクト201₀～201 _{$n-1$} が全て同一の選択信号SEL00に従うので、AC S133が選択する最尤な状態データ値の系列としての状態データが継承される。

【0202】さらに、各レジスタ202₀～202 _{$n-1$} は、上述したように供給される状態データ値をクロックに従って取込むことによって、保持している状態データ

値を更新する。また、上述したように、各レジスタの出力は、1クロック後に遷移し得る状態に対応するステータスメモリに供給される。すなわち、S00自身に遷移し得るので、シリアルシフトとして後段のセレクトに供給される。また、パラレルロードとして、S01に対応するB型ステータスメモリ152に供給される。最終段のレジスタ202 _{$n-1$} から、状態データ値VM00が出力される。状態データ値VM00がクロックに従って出力されることにより、全体として状態データが生成される。

【0203】状態S11に対応するA型ステータスメモリ151は、A型ステータスメモリ150と同様に構成される。但し、図14（および図18）中の状態遷移S01→S11に対応するパラレルロードとして、S01に対応するB型ステータスメモリ152から状態データを供給される。また、図14（および図18）中の状態遷移S11→S10に対応するパラレルロードとして、S10に対応するB型ステータスメモリ153に状態データを供給する。また、最初の処理段となるレジスタには、シリアルシフトによって生成される状態データ中の最新の状態データ値として、クロックに従うタイミングで、常に'11'が入力される。

【0204】一方、図23を参照して、状態S01に対応するB型ステータスメモリ152についてより詳細に説明する。B型ステータスメモリは、図14（および図18）において自身を継承せず、且つ、1クロック後に遷移し得る状態が1個だけである状態に対応するものである。このため、シリアルシフトを行わず、且つ、セレクトが設けられていない。従って、 n 個のレジスタ212₀、212₁、・・・212 _{$n-1$} が設けられ、各レジスタにクロックが供給されて動作タイミングが合わされる。

【0205】各レジスタ212₀、212₁、・・・212 _{$n-1$} には、S00に対応するA型ステータスメモリ150から継承する状態データが $n-1$ 個の状態データ値からなるSM_{in}として供給される。但し、最初の処理段となるレジスタ212₀には、クロックに同期して常に'01'が入力される。この'01'は、後述する、パラレルシフトとして出力される状態データ中の最新の状態データ値となる。

【0206】各レジスタ212₀～212 _{$n-1$} は、供給される状態データ値をクロックに従って取込むことによって、保持している状態データ値を更新する。また、クロックに従ってなされる各レジスタの出力は、 $n-1$ 個の状態データ値からなる状態データSM_{out}として、1クロック後に遷移し得る状態S11に対応するA型ステータスメモリ151に供給される。最終段のレジスタ212 _{$n-1$} から、状態データ値VM01が出力される。状態データ値VM01がクロックに従って出力されることにより、全体として状態データが生成される。

【0207】状態S10に対応するB型ステータスメモリ153は、B型ステータスメモリ152と同様に構成される。但し、図14（および図18）中の状態遷移S11→S10に対応するパラレルロードとして、S11に対応するA型ステータスメモリ151から状態データを供給される。また、図14（および図18）中の状態遷移S10→S00に対応するパラレルロードとして、S00に対応するA型ステータスメモリ150に状態データを供給する。また、最初の処理段となるレジスタには、クロックに同期して、常に‘10’が入力される。この‘10’がA型ステータスメモリ150に供給される状態データ中の最新の状態データ値となる。

【0208】ところで、ビタビ復号方法においては、各ステータスメモリが生成する状態データ値VM00、VM11、VM01およびVM10は、ステータスメモリのメモリ長nを充分大きくとれば互いに一致する。このような場合には、4個のステータスメモリが生成する状態データ値の内の何れを $sm[k+n]$ として後段に出力しても良い。メモリ長nは、再生信号のC/Nおよび周波数特性等を考慮して決められる。

【0209】以上のようなSMU134によって、状態データの選択を、4値4状態ビタビ復号方法、3値4状態ビタビ復号方法の何れについても共通に行うことができる。すなわち、ACS133の出力は、BMC132の振幅基準値が0、1、3、4と設定される場合には、4値4状態ビタビ復号方法における状態データとなり、また、BMC132の振幅基準値が0、1、2と設定される場合には、3値4状態ビタビ復号方法における状態データとなる。

【0210】次に、マージブロック135について説明する。マージブロック135は、ROM等の手段に、後述する図24に示す復号マトリクスのテーブルを記憶している。そして、かかる復号マトリクスを参照して、状態データに基づく復号データを生成し、コントローラ2に供給する。

【0211】4値4状態ビタビ復号方法については図14、また、3値4状態ビタビ復号方法については図18の状態遷移図から、復号データ値と、連続する2個の状態データ値とが対応していることがわかる。すなわち、再生信号値 $z[k]$ に対応して生成される状態データ値 $sm[k+n]$ と、その1クロック前に、再生信号値 $z[k-1]$ に対応して生成される状態データ値 $sm[k+n-1]$ に基づいて、復号データ値を決めることができる。さらに、このような対応は、図14と、図18とにおいて、全く同様である。

【0212】例えば、 $sm[k+n-1]$ が‘00’で、且つ、 $sm[k+n]$ が‘01’である場合には、図14および図18の何れから、復号データ値として‘1’が対応することがわかる。このような対応をまとめたものが図24の復号マトリクスのテーブルである。従って、この

ような復号マトリクスのテーブルに従って動作するように構成されたマージブロック135によって、復号データの生成を、4値4状態ビタビ復号方法、3値4状態ビタビ復号方法の何れについても共通に行うことができる。

【0213】すなわち、マージブロック135の出力は、BMC132の振幅基準値が0、1、3、4と設定される場合には、4値4状態ビタビ復号方法における状態データとなり、また、BMC132の振幅基準値が0、1、2と設定される場合には、3値4状態ビタビ復号方法における状態データとなる。

【0214】上述したように、4値4状態ビタビ復号方法を行う場合と、3値4状態ビタビ復号方法を行う場合とにおいて、ビタビ復号器130内のBMC132、ACS133、SMU134およびマージブロック135の各構成要素の構成を同一なものとすることができる。そして、以下の（A）～（C）の3個の因子を、例えばCPU103が各々の方法に合わせて切替えるようにすれば良い。

20 【0215】（A）振幅基準値：4値4状態ビタビ復号方法では、0、1、3、4であるが、3値4状態ビタビ復号方法では、0、1、2である。

【0216】（B）波形等化特性：4値4状態ビタビ復号方法では、PR（1，2，1）であるが、3値4状態ビタビ復号方法では、PR（1，1）である。

30 【0217】（C）PLLのロックの位相：波形等化特性に適合するように設定する必要がある。4値4状態ビタビ復号方法で用いられるPR（1，2，1）では、A/D変換器が行うサンプリングは、図17に示したように、インパルス応答のピークでなされる。一方、図16に示したように、3値4状態ビタビ復号方法で用いられるPR（1，1）では、インパルス応答のピークがサンプリング時点の中間に来るようになされる。このため、PLLを再生信号にロックさせる際の位相は、4値4状態ビタビ復号方法と3値4状態ビタビ復号方法の間で、180度ずれることになる。

40 【0218】（A）、（B）および（C）の切替えは、例えばCPU103によって、それぞれ、BMC132、フィルタ部11およびPLL部14の設定が切替えられることによって実現される。

【0219】上述したこの発明の実施の一形態においては、フィルタ部11としてはアナログフィルタが用いられている。これに対して、図25に示すように、A/D変換器12の後段にデジタルフィルタ部110を設けることによって、フィルタリングを行うこの発明の実施の他の形態も可能である。この場合、デジタルフィルタ部110として、トランスバーサルフィルタが多用される。さらに、適応等化型のフィルタを用いるようにしても良い。

50 【0220】ところで、記録密度の向上に伴って、アシ

ンメトリーすなわち再生信号波形の非対称歪み、あるいは再生信号にDC成分が加わる等の要因に起因してビタビ復号の精度が低下するという問題が大きくなる。このような問題を解消するために、近年、振幅基準値を再生信号に対して適応化させる機能を有するビタビ復号器が提案されている。このようなビタビ復号器を用いる情報再生装置にこの発明を適用したものが図26に示す、この発明の実施のさらに他の形態である。

【0221】アシンメトリーが生じる原因としては、フィルタ部11等の、波形等化等のフィルタリングを行う手段の動作精度の限界により、理想的なパーシャルレスポンス特性（例えば4値4状態ビタビ復号方法において、PR(1, 2, 1)に充分近いパーシャルレスポンス特性）が得られないことが挙げられる。また、A/D変換器12のサンプリングの位相がずれること、あるいは、記録時のレーザパワーが過大若しくは過小であることに起因して適正な大きさのビットが形成されないこと等もアシンメトリーが生じる原因となる。

【0222】図26に示すように、この場合に用いられるビタビ復号器131は、上述のビタビ復号器130と同様な構成要素に加え、シフトレジスタ100、振幅基準値適応化ブロック（以下、RAAと表記する）101および振幅基準値初期化ブロック（以下、RAinitと表記する）102を有している。

【0223】シフトレジスタ100は、A/D変換器から再生信号値 $z[k]$ を供給される。そして、供給される再生信号値 $z[k]$ を所定時間遅延させて、RAA101に供給する。かかる遅延は、SMU134が生成する状態データが再生信号値 $z[k]$ に対して後述するような n リードクロックの遅延時間を有することを補償するためになされるものである。かかる遅延時間を表現するため、SMU134が生成する状態データ値を、 $sm[k+n]$ と表記する。

【0224】RAA101は、リードクロックに従う各時点において供給される状態データ値 $sm[k+n]$ および n クロック遅延させられた再生信号値に基づいて、後述するようにして新たな振幅基準値を算出する。そして、新たな振幅基準値をBMC132に供給する。この*

$$c011(\text{新}) = \delta \times z[k] + (1 - \delta) \times c011(\text{旧}) \quad (60)$$

ここで、 $c011(\text{新})$ が新たな値である。また、 $c011(\text{旧})$ が更新前の値である。

【0230】図14または図18に基づいて一般の場合について考慮すれば、 $sm[k+n-1] = pq$ 、且 *

$$cpqr(\text{新}) = \delta \times z[k] + (1 - \delta) \times cpqr(\text{旧}) \quad (61)$$

ここで、 $cpqr(\text{新})$ が新たな値である。また、 $cpqr(\text{旧})$ が更新前の値である。

【0232】また、 δ は、修正係数である。 δ の値を設定するに際しては、再生信号の振幅およびその変動、アシンメトリー等の歪み、波形等化器の動作における誤差等の記録系および再生系の比較的継続的な特性、並びに

*ようにして、例えばセクタを単位としてリードクロック毎に振幅基準値が更新されることにより、振幅基準値の適応化がなされる。

【0225】すなわち、各セクタの開始位置において振幅基準値の初期値が設定され、その後の再生動作に伴って振幅基準値の適応化がなされる。この際の初期値としては、例えば、ビタビ復号方法の種類および再生信号の信号品質等に応じて予め設定される所定値、または、前セクタに対する再生動作が終了した際の適応化された振幅基準値等が用いられる。

【0226】また、RAinit102は、後述するように、新たに算出された振幅基準値が所定の判定基準を満たさない場合にRAA101をリセットする。すなわち、かかる場合に、RAA101に、振幅基準値として所定の初期値を設定する。この際の初期値としても、例えば、予め設定される所定値、または、前セクタに対する再生動作が終了した際の振幅基準値等を用いることができる。

【0227】RAA101が行う、振幅基準値を更新するための計算について説明する。再生信号値 $z[k]$ に対応して生成される状態データ値 $sm[k+n]$ と、その1クロック前に生成された状態データ値 $sm[k+n-1]$ とから、図14または図18に従って、これら2個の状態データ値間に生じた状態遷移およびかかる状態遷移に対応する振幅基準値を特定することができる。このようにして特定された振幅基準値のその時点での値と、再生信号値 $z[k]$ とから、新たな振幅基準値を計算する。

【0228】例えば、 $sm[k+n-1] = '01'$ 、および $sm[k+n] = '11'$ である場合には、以下のような計算処理が行われる。まず、この場合に、状態遷移 $S01 \rightarrow S11$ が生じることが図14または図18からわかる。また、かかる状態遷移に対応する振幅基準値が $c011$ であることも図14または図18からわかる。従って、RAA101は、振幅基準値 $c011$ を更新する計算を行う。この計算には、更新前の $c011$ と、再生信号値 $z[k]$ とに基づいて以下のようになされる。

【0229】

※つ、 $sm[k+n] = qr$ である場合に、 $cpqr$ の新たな値が以下のように計算される。

【0231】

記録媒体上の欠陥等に起因するディフェクト等のイレギュラーな特性を考慮する必要がある。

【0233】すなわち、 δ の値が大きい程、式(61)に従ってなされる更新によって、振幅基準値が再生信号の再生信号の振幅変動、アシンメトリー、波形等化器の動作における誤差等をより強く反映するものとなる。反

面、振幅基準値が記録媒体上の欠陥等に起因するディフュクト等のイレギュラーな信号によっても影響され易い。一方、 δ の値を小さくすると、振幅基準値がディフュクト等のイレギュラーな信号に影響されにくくなるが、反面、振幅基準値の再生信号に対する追従が緩やかなものとなるため、式(61)に従ってなされる更新による適応化の効果が減少する。

【0234】以上のような適応化を行うRAA101の構成について図27を参照して説明する。RAA101は、6個の振幅基準値c000、c001、c011、c100、c110、c111にそれぞれ対応する6個のレジスタ161、162、163、164、165および166を有している。また、各レジスタの後段には、それぞれ出力の可否を制御する出力ゲート171、172、173、174、175および176が設けられている。記載が煩雑となるのを避けるため、図27中には図示を省略したが、6個のレジスタ161~166および後述するレジスタ180には、クロックが供給される。

【0235】各レジスタの記憶値は、クロックに従うタイミングでBMC132および後段の各出力ゲートに出力される。BMC132は、このようにして出力される各レジスタの最新の記憶値を、更新された振幅基準値として用いるようになされる。

【0236】一方、各レジスタおよびその後段の各出力ゲートには、後述するように、セクタ181からイネーブル信号が供給される。例えばレジスタ161とその後段の出力ゲート171には、イネーブル信号T000が供給される。このイネーブル信号T000がアクティブとされる時に、出力ゲート171がレジスタ160の記憶値を後段に出力し、且つ、レジスタ161が加算器183の出力を取込むようになされる。

【0237】同様に、レジスタ162と出力ゲート172、レジスタ163と出力ゲート173、レジスタ164と出力ゲート174、レジスタ165と出力ゲート175およびレジスタ166と出力ゲート176は、それぞれイネーブル信号T001、T001、T011、T110およびT111を供給され、各イネーブル信号に従う動作を行う。

【0238】イネーブル信号に従って供給されるレジスタ161~166の内の1個の記憶値が乗算器182に供給される。乗算器182は、供給される記憶値に $(1-\delta)$ を乗じる計算を行い、計算値を加算器183に供給する。

【0239】一方、上述のシフトレジスタ100によって遅延時間を補償された再生信号値が乗算器184に供給される。乗算器184は、供給される記憶値に δ を乗じる計算を行い、計算値を加算器183に供給する。

【0240】加算器183は、乗算器182と乗算器184から供給される計算値を加算する。そして計算結果

を6個のレジスタ161~166に出力する。上述したように、6個のレジスタ161~166は、イネーブル信号T000~T111に従ってかかる計算結果を取込む。後述するように、どの時点においても、イネーブル信号T000~T111の内の1個だけがアクティブとされて取込みを指令するので、何れか1個のレジスタだけが計算結果を取込むことになる。

【0241】上述の6個のイネーブル信号T000~T111は、セクタ181によって生成される。セクタ181には、SMU134から状態データ値 $s_m[k+n]$ が供給される。また、SMU134の出力を1クロック遅延させるレジスタ180が設けられ、かかるレジスタ180によって、セクタ181に状態データ値 $s_m[k+n-1]$ が供給される。セクタ181は、かかる2個の状態データ値に基づいて、ROM等の手段に記憶している図28に示すようなマトリクスのテーブルを参照して、6個のイネーブル信号T000~T111の内の1個をアクティブとする。

【0242】以上のようなRAA101の構成および動作によって、上述の式(61)に従う振幅基準値の更新が実現される。このような動作について、マージブロック135の動作についての上述の説明と同様に、状態データ値が $s_m[k+n]='01'$ 、且つ、 $s_m[k+n-1]='11'$ である場合を例として説明する。すなわち、この場合に実現される、上述の式(60)に従う振幅基準値c011の更新について説明する。

【0243】図28から、かかる場合には、イネーブル信号T011がアクティブとされることがわかる。このため、レジスタ163に取込みが指令され、また、出力ゲート173に出力が指令される。従って、更新前のc011の値すなわちその時点におけるレジスタ163の記憶値が乗算器182に供給される。乗算器182が供給される値に $(1-\delta)$ を乗じることにより、式(60)中の $(1-\delta) \times c011$ が計算されることになる。

【0244】一方、シフトレジスタ100によってなされる遅延により、SMU134の動作による遅延時間が補償された再生信号値 $z[k]$ が乗算器184に供給される。乗算器184が供給される値に δ を乗じることにより、式(60)中の $\delta \times z[k]$ が計算されることになる。

【0245】そして、乗算器182によって計算される $(1-\delta) \times c011$ の値と、乗算器184によって計算される $\delta \times z[k]$ の値とが加算器183によって加算されることにより、c011の新たな値すなわち式(60)の右辺の値が計算されることになる。このc011の新たな値がレジスタ161~166に供給される。ところで、上述したように、イネーブル信号T011のみがアクティブとされることによってレジスタ163のみに取込みが指令されているので、レジスタ163

のみにc011の新たな値が取込まれる。このようにしてc011の値すなわちレジスタ163の記憶値が更新される。

【0246】 $sm[k+n-1]$ および $sm[k+n]$ が他の値をとる場合にも、図28に従ってアクティブとされるイネーブル信号が選択されることによって、新たな値の取込みを行うレジスタと、かかるレジスタのその時点での(すなわち更新前の)記憶値を出力する出力ゲートが選択される。このようにして、同様な計算処理が行われ、式(61)に従う振幅基準値の更新が実現される。

【0247】ところが、以上のような適応化において、光磁気ディスク6のディフェクト等に起因するイレギュラーな信号に対する追従が行われると、新たな振幅基準値として異常な値が算出されることがある。かかる異常な振幅基準値の下では、BMC132が正しいブランチメトリックを算出することができない。そこで、異常な振幅基準値が生じた場合に、RAA102がRAA101をリセットする。

【0248】RAA102は、例えば比較回路等を有する判定手段と、初期値を記憶する例えばレジスタ等の記憶手段を有する。そして、RAA101によって行われる上述の計算処理の結果を、所定の判定基準の下で判定する。RAA101によって算出される計算処理の結果が判定基準を満たさない場合には、イレギュラーな信号に対する追従がなされたとの判断の下にリセットを行う。すなわち、算出された値を採用せず、振幅基準値として初期値を設定するようになされる。かかる初期値は、RAA102内の記憶手段に予め記憶されていたものである。

【0249】上述の判定基準および振幅基準値の初期値は、例えば、CPU103によって、RAA102に対して設定される。このようなリセットによって初期値とされた振幅基準値は、適応化がなされていないので、最適な値ではないが、イレギュラーな信号に対する追従によって生じた異常な値を用いる場合に比べれば妥当なものとなる。

【0250】このように振幅基準値の適応化が行われる場合には、4値4状態ビタビ復号方法を行う場合と、3値4状態ビタビ復号方法を行う場合の各々について振幅基準値が適切に設定されるので、ビタビ復号方法の種類の切替えに伴って、フィルタ部11のパーシャルレスポンス特性の設定を変えなくても良い(必要に応じて変えるようにしても良い)。また、振幅基準値の適応化開始時、または、RAA102によって行われるリセット時に用いられる振幅基準値の初期値の設定も、ビタビ復号方法の種類の切替えに伴って変えなくても良い(必要に応じて変えるようにしても良い)。

【0251】また、図26には、アナログフィルタからなるフィルタ部11によって波形等化がなされる構成を

記載したが、デジタルフィルタを用いるようにしても良い。ところで、上述したように、SMU134内の4個のサブブロック150~153が有するレジスタの段数が大きい程、各サブブロックが生成する状態データ値が互いに一致する確率を大きくすることができるが、反面、SMUの動作によって生じる遅延時間が増大する等の問題も生じるため、レジスタの段数をあまり大きくすることは現実的でない。

【0252】このため、例えば再生系の動作条件が適当でない等の原因で再生RF信号の信号品質が低下する場合には、各サブブロックが生成する状態データ値が互いに不一致となることがある。このような場合に備えて、各サブブロックが生成する状態データ値の内から最も的確な状態データ値を選択する構成が設けられることがある。

【0253】かかる構成は、4個のサブブロックの後段に設けることができる。例えばSMU134内の4個のステータスメモリの後段となる位置に設けるようにしても良いし、また、状態データに基づいて復号データを生成するマージブロック135内等に設けるようにしても良い。

【0254】再生信号の信号品質が充分良好なためにかかる構成を設ける必要がない場合、およびかかる構成がSMU134内に設けられる場合には、図19中に記載したように、RAA101がSMU134の出力を状態データ値として受取るようになされる。一方、かかる構成がマージブロック135内に設けられる場合には、RAA101がマージブロック135から最も的確な状態データ値として選択された値を受取るようになされる。

【0255】また、上述したこの発明の実施の一形態等は、4値4状態ビタビ復号方法と、3値4状態ビタビ復号方法を、パーシャルレスポンス特性および振幅基準値の切替え、または、振幅基準値の適応化を行い、さらに、PLLをロックさせる際の位相等を切替えることによって、同一の構成で行うものである。これに対して、より一般に、式(46)~(49)に従ってパスメトリックの更新および最尤な状態遷移の選択を行う幾つかの種類のビタビ復号方法を、同一の構成と、振幅基準値等の切替えによって行うようにしたものも可能である。

【0256】式(46)~(49)に従ってなされるビタビ復号方法としては、例えば、4値4状態ビタビ復号方法において、波形等化を行うフィルタ部の動作精度の限界に起因するパーシャルレスポンス特性の非対称性を考慮した場合(PR(α , β , γ))を前提とした場合の6値4状態ビタビ復号方法がある。6値4状態ビタビ復号方法の状態遷移図を図29に示す。

【0257】また、例えば、3値4状態ビタビ復号方法において、パーシャルレスポンス特性の非対称性を考慮した場合(PR(α , β))を前提とした場合の4値4状態ビタビ復号方法がある。(この4値4状態ビタビ復

号方法は、PR(1, 2, 1)を前提とした、上述の4値4状態ビタビ復号方法とは異なることに注意が必要である。)さらに一般的には、同様な状態遷移図に従うが、振幅基準値、パーシャルレスポンスおよびサンプリング時点とリードクロックの位相差等が異なるために、異なる種類とされる、幾つかのビタビ復号方法について、それらを同一な構成と、振幅基準値等の切替えによって実現することができる。

【0258】また、上述したように、この発明は、図1等を参照して上述した光磁気ディスク装置の一例等の、再生信号に基づいて選択される状態データからPMUによって復号データを生成する情報再生装置にも適用することができる。例えば4値4状態ビタビ復号方法と、3値4状態ビタビ復号方法とを行う場合について、BMC, ACSおよびPMUの構成が同一なもので良く、波形等化特性、振幅基準値、およびPLLをロックさせる際の位相がPRML方法の種類に応じて切替えられる。

【0259】ところで、ブランチメトリックの計算において2乗計算を避ける等の目的で、ビタビ復号器が定義通りのパスメトリックの代わりに規格化パスメトリックを計算する構成とされることがある。また、メモリのオーバーフローを避ける等の目的で、各パスメトリックの値から一定値を差し引く構成とされることがある。このような場合には、ブランチメトリックの値として算出されるものは、式(40)～(45)または式(54)～(59)等に従うものとは異なる。このような場合には、振幅基準値として各識別点の値をそのまま用いることはできないが、この発明を適用することは可能である。

【0260】この発明は、記録媒体に記録されたデータから再生される再生信号から、リードデータを復号するためにビタビ復号方法を用いることができる情報再生装置に適用することができる。すなわち、光磁気ディスク(MO)以外にも、例えば相変化型ディスクPD、CD-E(CD-Erasable)等の書き換え可能ディスク、CD-R等の追記型ディスク、CD-ROM等の読み出し専用ディスク等の光ディスク装置に適用することが可能である。

【0261】また、この発明は、上述した実施の形態に限定されることなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の応用および変形が考えられる。

【0262】

【発明の効果】上述したように、この発明は、波形等化等のフィルタリングを行うフィルタ部のパーシャルレスポンス特性およびBMCの動作に用いられる振幅基準値の切替え、または、振幅基準値の適応化を行い、さらに、PLLをロックさせる際の位相等を切替えることによって、同一の構成を用いて異なる種類のビタビ復号方法を実現し、それらのビタビ復号方法を再生対象とされる記録媒体上のデータの記録線密度に応じて記録する行

うものである。

【0263】例えばPR(1, 2, 1)を前提とする4値4状態ビタビ復号方法と、PR(1, 1)を前提とする3値4状態ビタビ復号方法を、同一の構成を用いて行うようにした場合には、PR(1, 2, 1)と、PR(1, 1)との中間程度の符号間干渉を有する再生信号を復号する場合に、波形等化を行うフィルタなどの条件に応じて2つのビタビ復号方法を切替えて使用することができる。

【0264】このため、記録密度の異なるデータを再生する場合に、記録密度に応じて、再生信号の特性により良く適合する種類のビタビ復号方法を選択して用いることができる。

【0265】例えば、ゾーンCAVフォーマットによって構成される記録媒体に記録されたデータを再生する場合に、ゾーンによって記録線密度が異なることに関連して、再生信号の特性により良く適合するビタビ復号方法を選択して用いることができる。

【0266】また、例えば、第4世代5.25インチ光磁気ディスク装置等において、記録密度の高い第4世代の光磁気ディスクを再生する場合には4値4状態ビタビ復号方法を行い、記録密度の低い第3世代の光磁気ディスクを再生する場合には3値4状態ビタビを行うようにすることができる。このため、第3世代の光磁気ディスクに記録されたデータを復号する際にも、良好な復号精度を得ることができるので、第3世代の光磁気ディスクをも良好に再生することが可能となる。従って、下位互換性を確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】4値4状態ビタビ復号方法を行う光磁気ディスク装置の一例の全体構成を示すブロック図である。

【図2】マーク位置記録方法およびマークエッジ記録方法について説明するための略線図である。

【図3】光磁気ディスクのセクタフォーマットの一例について説明するための略線図である。

【図4】RL(1, 7)符号化方法において、最小磁化反転幅が2であることを示す略線図である。

【図5】RL(1, 7)符号とマークエッジ記録方法の組合わせによって記録されたデータから再生される再生信号を、パーシャルレスポンス特性PR(1, 2, 1)の下で波形等化した時のアイ・パターンについて説明するための略線図である。

【図6】4値4状態ビタビ復号方法の状態遷移図を作成する過程について説明するための略線図である。

【図7】4値4状態ビタビ復号方法の状態遷移図の一例を示す略線図である。

【図8】4値4状態ビタビ復号方法におけるトレリス線図の一例を示す略線図である。

【図9】4値4状態ビタビ復号方法において、規格化メトリックに基づく状態遷移の条件を示す略線図である。

【図 10】 4 値 4 状態ビタビ復号を行うビタビ復号器の全体構成を示すブロック図である。

【図 11】 図 10 に示したビタビ復号器の一部分の構成を詳細に示すブロック図である。

【図 12】 図 10 に示したビタビ復号器の他の一部分の構成を詳細に示すブロック図である。

【図 13】 図 10 に示したビタビ復号器のさらに他の一部分の構成を詳細に示すブロック図である。

【図 14】 図 7 とは異なる表記方法による、4 値 4 状態ビタビ復号方法の状態遷移図の一例を示す略線図である。

【図 15】 ブランチメトリックの表記方法について説明するための略線図である。

【図 16】 $PR(1, 1)$ におけるインパルス応答について説明するための略線図である。

【図 17】 $PR(1, 1)$ におけるインパルス応答について説明するための略線図である。この発明の一実施例に用いられる ACS (加算、比較、選択回路) の構成の一例を示すブロック図である。

【図 18】 3 値 4 状態ビタビ復号方法の状態遷移図の一例を示す略線図である。

【図 19】 この発明の実施の一形態の全体構成について説明するためのブロック図である。

【図 20】 この発明の実施の一形態において用いられる ACS (加算、比較、選択回路) の構成について説明するためブロック図である。

【図 21】 この発明の実施の一形態において用いられる SMU (ステータスメモリユニット) の構成について説明するためブロック図である。

【図 22】 図 21 に示した SMU の一部の構成について

説明するためのブロック図である。

【図 23】 図 21 に示した SMU の他の一部の構成について説明するためのブロック図である。

【図 24】 状態データから復号データが生成される際に参照されるマトリクスについて説明するための略線図である。

【図 25】 この発明の実施の他の形態の全体構成について説明するためのブロック図である。

【図 26】 この発明の実施のさらに他の形態の全体構成について説明するためのブロック図である。

【図 27】 この発明の実施の一形態に用いられる振幅基準値適応化ブロック (RAA) の構成について説明するためのブロック図である。

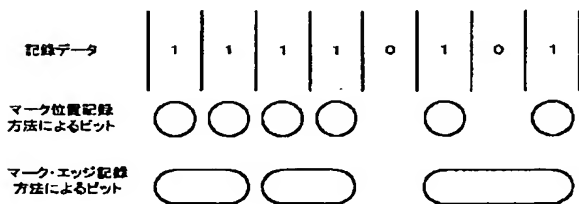
【図 28】 図 27 に示した RAA において参照されるマトリクスのテーブルの一例について説明するための略線図である。

【図 29】 6 値 4 状態ビタビ復号方法の状態遷移図の一例を示す略線図である。

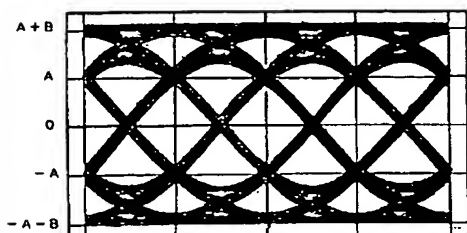
【符号の説明】

2・・・コントローラ、6・・・光磁気ディスク、14・・・PLL部、103・・・装置制御部(CPU)、130・・・ビタビ復号器、132・・・ブランチメトリック計算回路(BMC)、133・・・加算、比較および選択回路(ACS)、134・・・ステータスメモリユニット(SMU)、135・・・マージブロック、131・・・ビタビ復号器、110・・・デジタルフィルタ、100・・・シフトレジスタ、101・・・振幅基準値適応化ブロック(RAA)、102・・・振幅基準値初期化ブロック(RAinit)

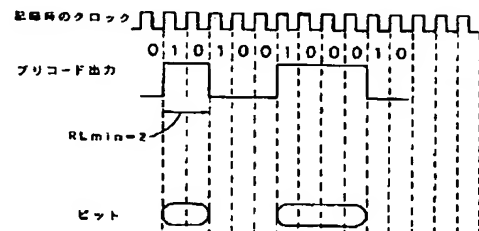
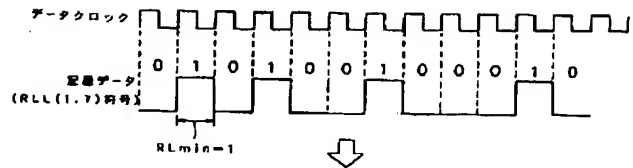
【図 2】



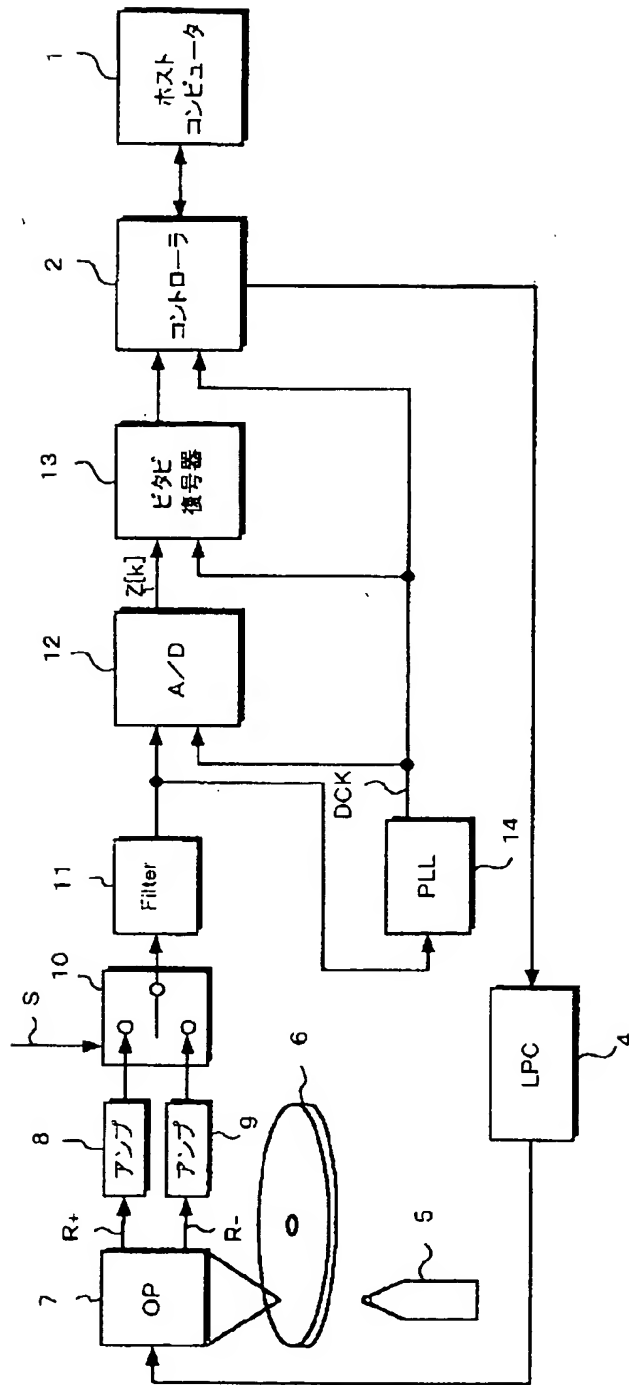
【図 5】



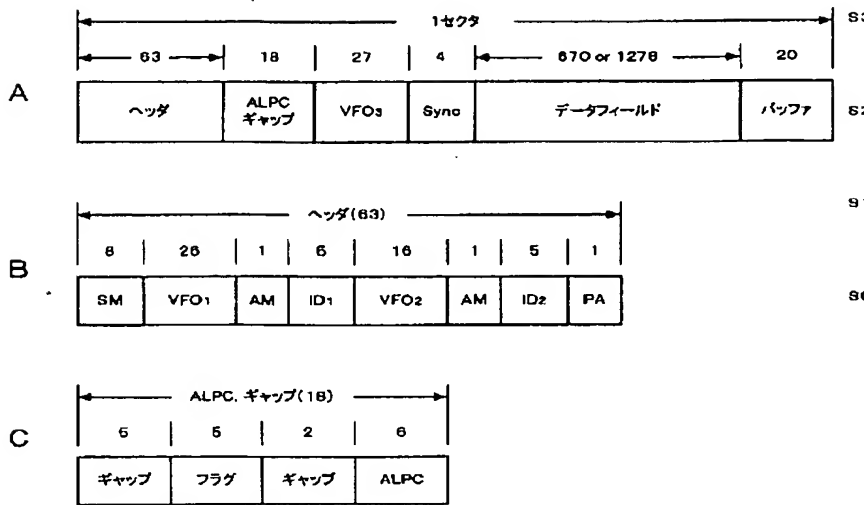
【図 4】



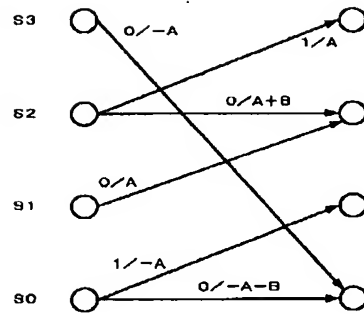
【図1】



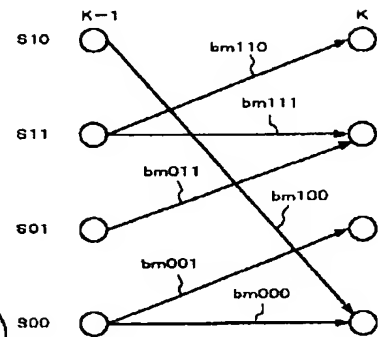
【図3】



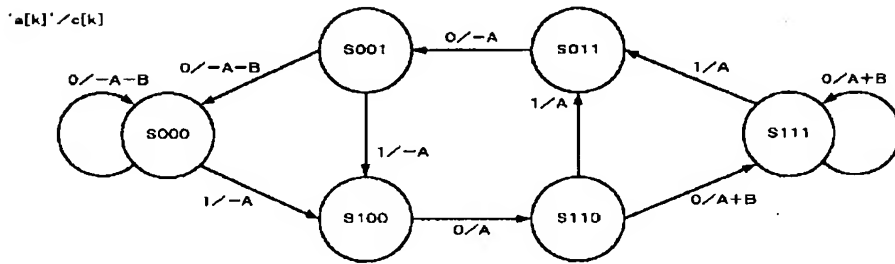
【図8】



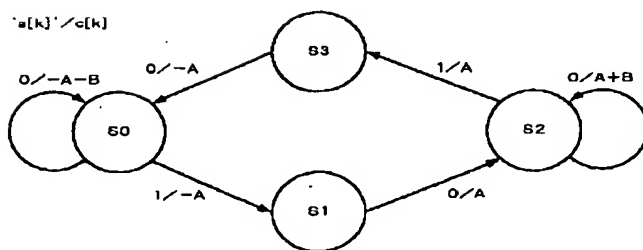
【図15】



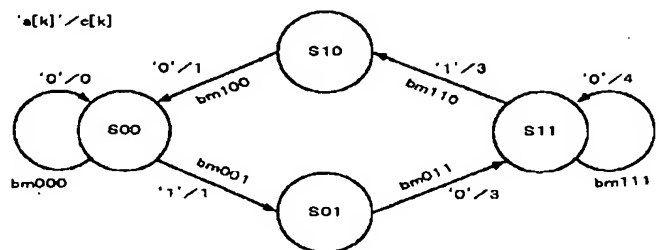
【図6】



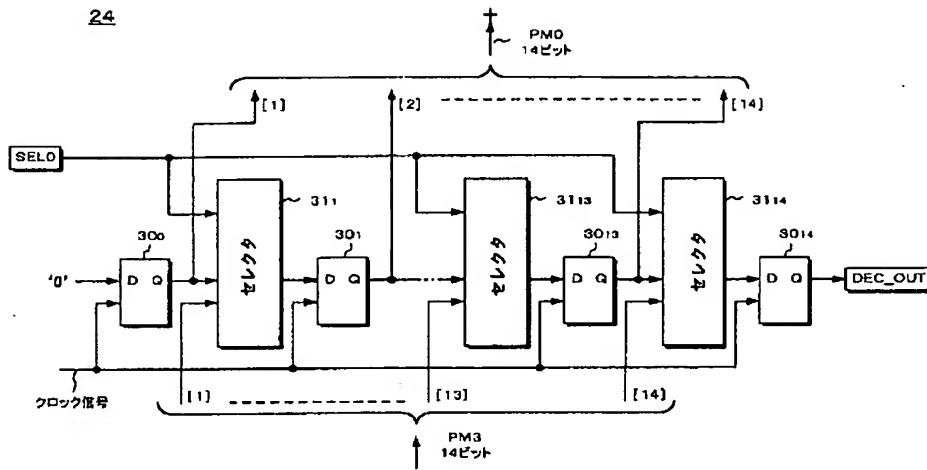
【図7】



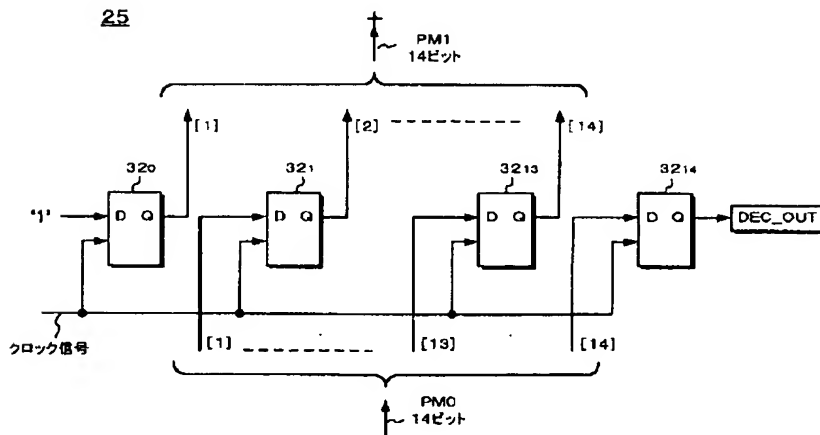
【図14】



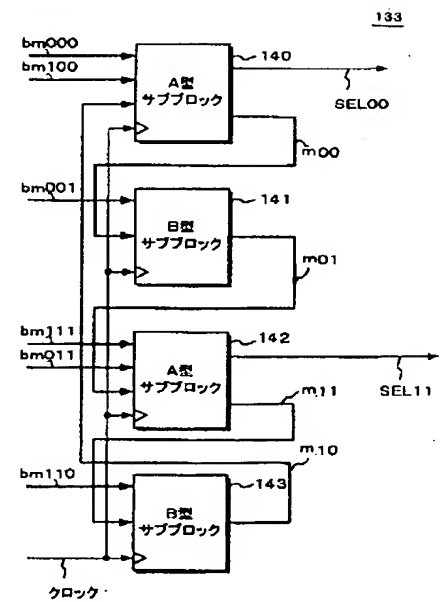
【図12】



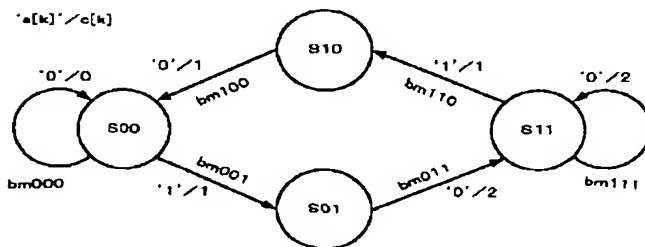
【図13】



【図20】



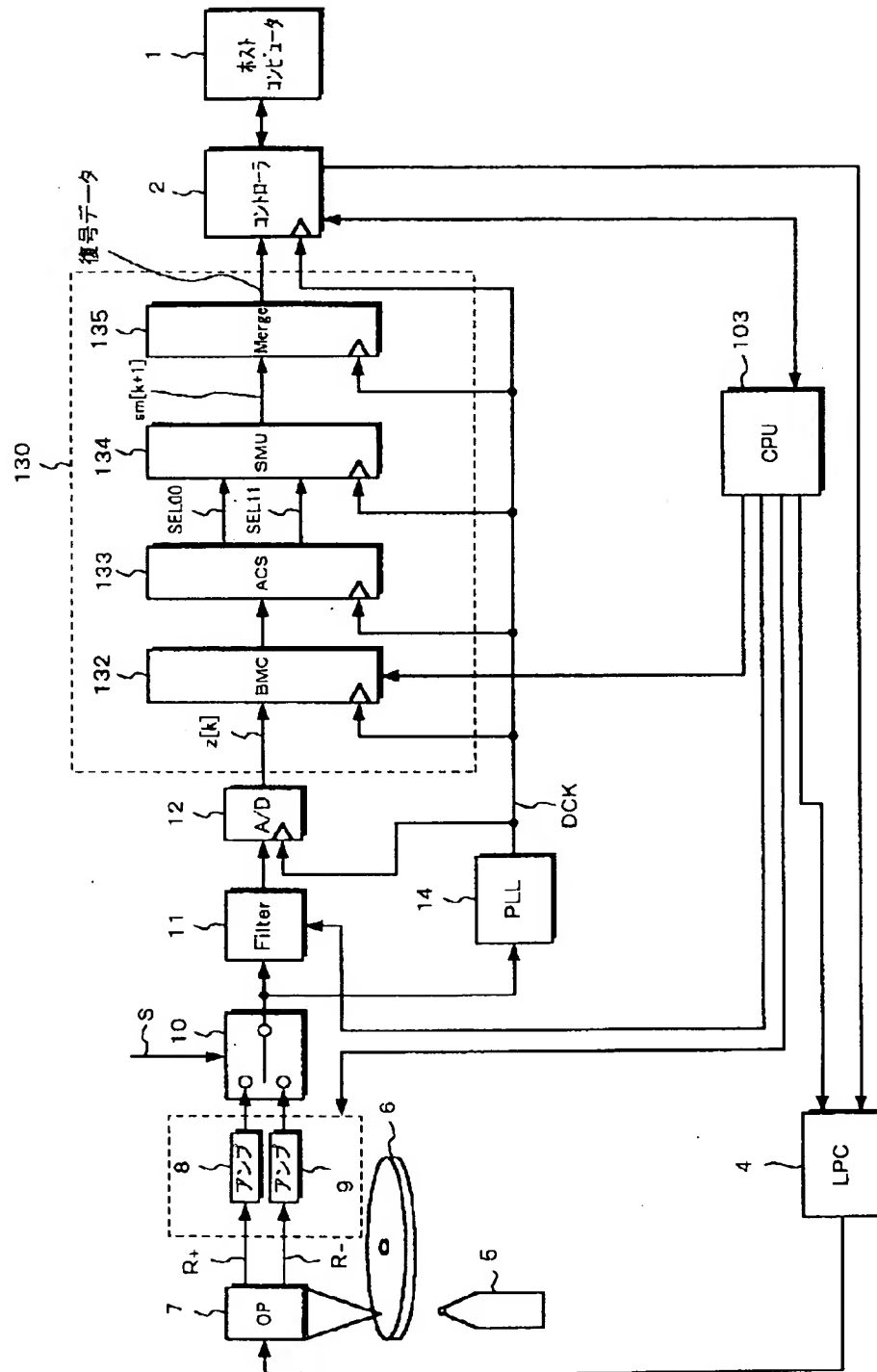
【図18】



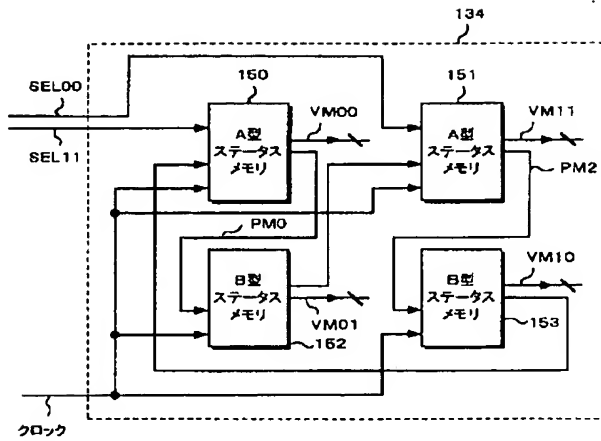
【図24】

$sm[k+n-1]$	$sm[k+n]$	信号データ値
0 0	0 0 0 1	0 1
0 1	1 1	0
1 1	1 1 1 0	0 1
1 0	0 0	0

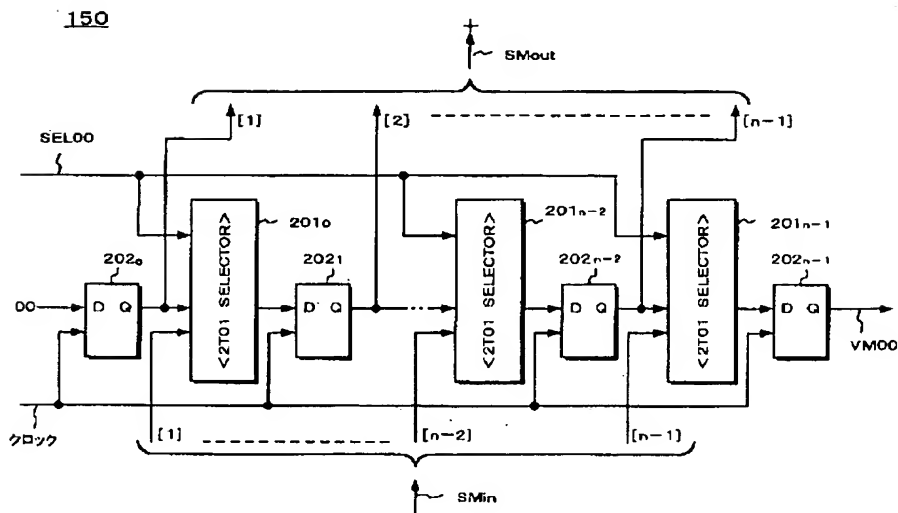
【図19】



【図21】



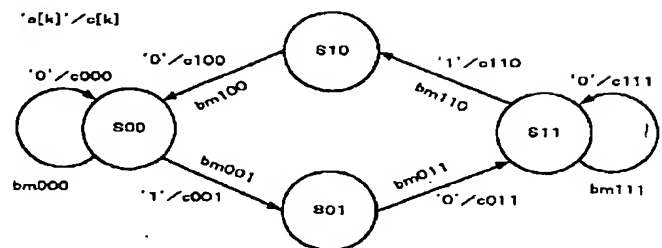
【図22】



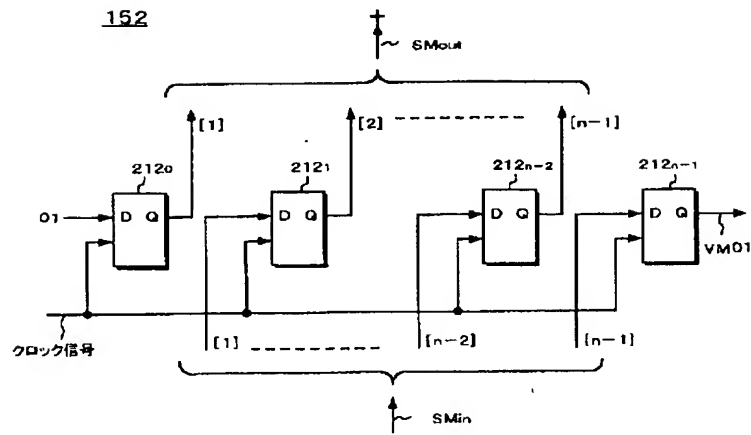
【図28】

sm[k+n-1]	sm[k+n]	アクティブとされる4ビット信号
00	00	T000
	01	T001
01	11	T011
11	11	T111
	10	T110
10	00	T100

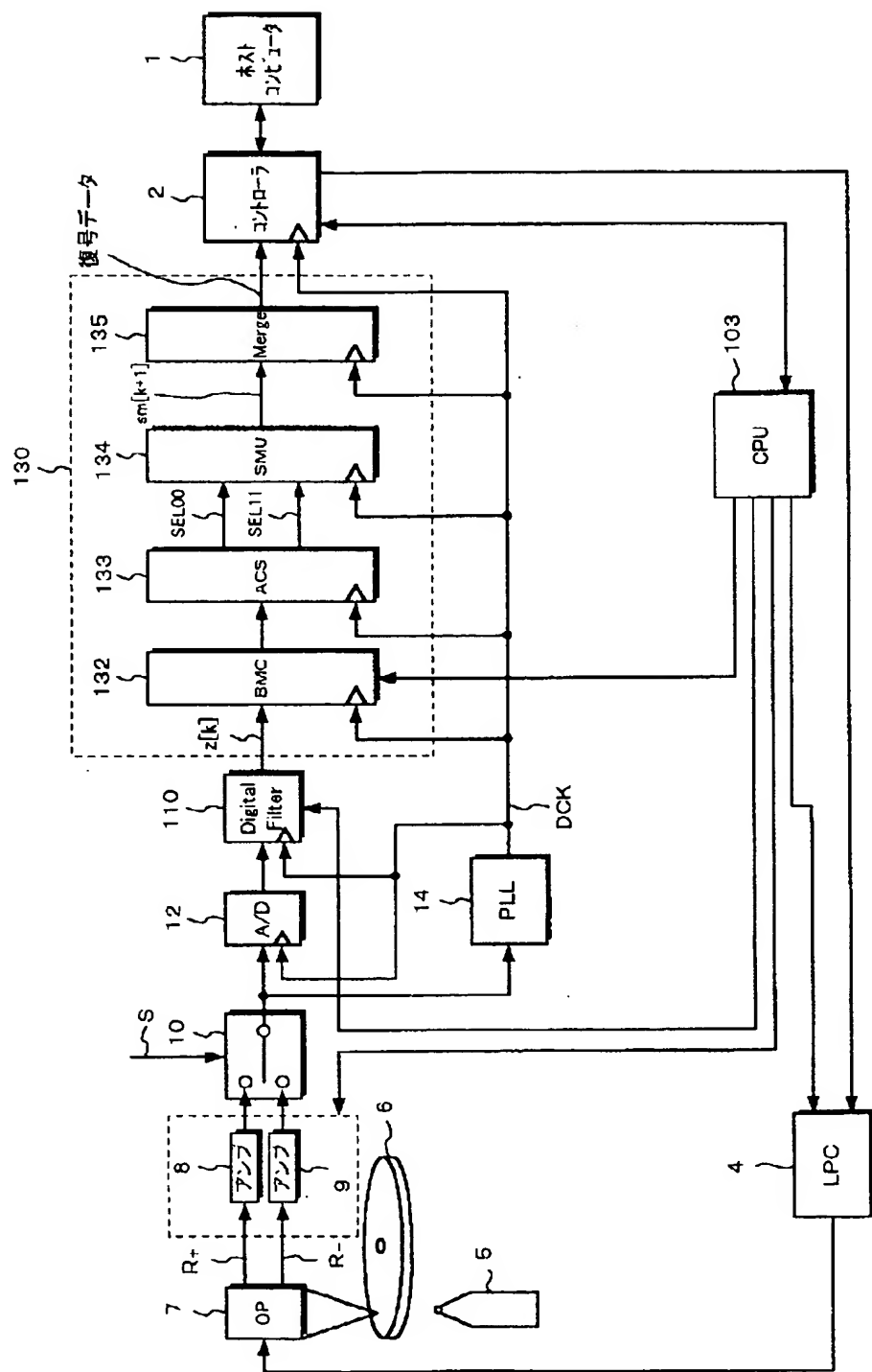
【図29】



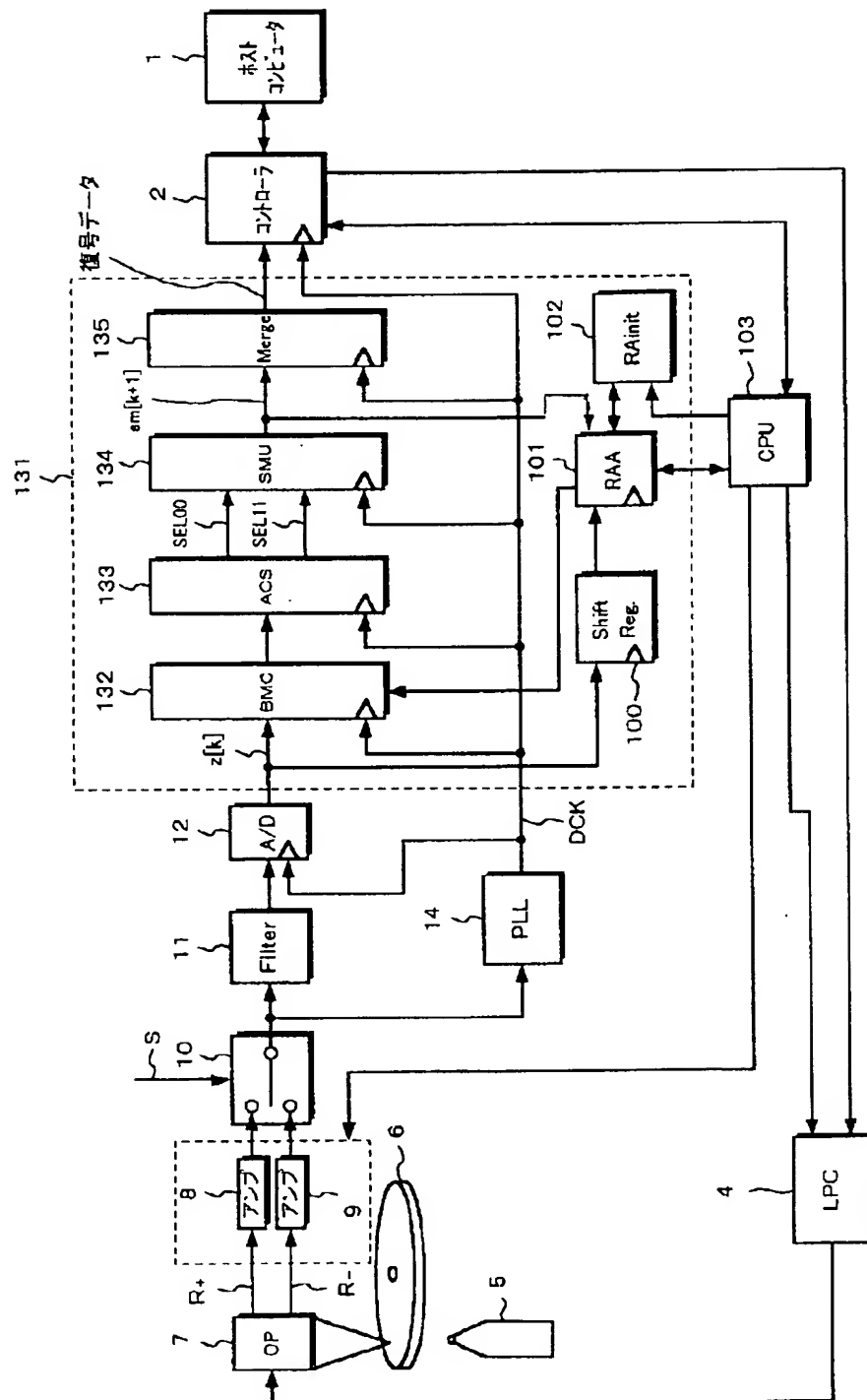
【図 23】



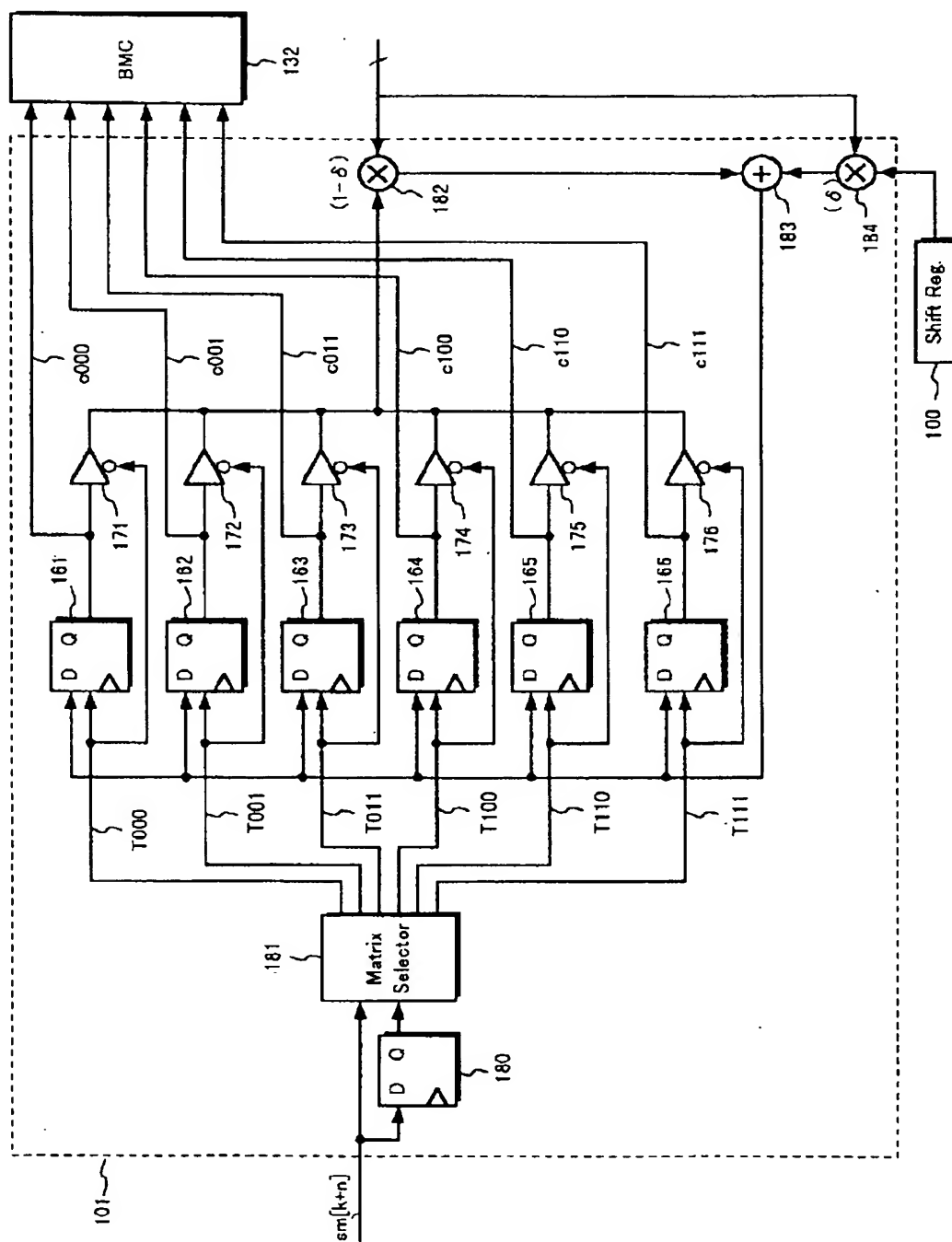
— 33 —



【図26】



【图 27】



フロントページの続き

5 4 2 A